

# ЗБОРНИК РАДОВА



## XXXI Симпозијум Друштва за заштиту од зрачења Србије и Црне Горе



**06-08. октобар 2021.  
Београд, Србија**

**ДРУШТВО ЗА ЗАШТИТУ ОД ЗРАЧЕЊА  
СРБИЈЕ И ЦРНЕ ГОРЕ**



# **ЗБОРНИК РАДОВА**

**XXXI СИМПОЗИЈУМ ДЗЗСЦГ  
Београд  
06-08. октобар 2021.**

**Београд  
2021.**

**RADIATION PROTECTION SOCIETY OF  
SERBIA AND MONTENEGRO**



# **PROCEEDINGS**

**XXXI SYMPOSIUM RPSSM  
Belgrade  
6<sup>th</sup> - 8<sup>th</sup> October 2021**

**Belgrade  
2021**

ЗБОРНИК РАДОВА

XXXI СИМПОЗИЈУМ ДЗЗСЦГ

06-08.10.2021.

Издавачи:

Институт за нуклеарне науке „Винча“  
Друштво за заштиту од зрачења Србије и Црне Горе

За извршног издавача:

Проф. Др Снежана Пајовић

Уредници:

Др Ивана Вуканац  
Др Милица Рајачић

e-ISBN 78-86-7306-161-0

©Institut za nuklearne nauke „Vinča“

Техничка обрада:

Милица Рајачић, Милош Ђалетић, Наташа Сарап

Електронско издање:

Институт за нуклеарне науке „Винча“, Мике Петровића Аласа 12-14, 11351  
Винча, Београд, Србија

Година издања:

Октобар 2021.



Овај Зборник као и сви радови у њему подлежу лиценци:  
Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 International  
License, <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>

Ова лиценца дозвољава само преузимање и дистрибуцију дела, ако/док се правилно назначавача име аутора, без икаквих промена дела и без права комерцијалног коришћења дела.

---

**TRACERADON - МЕТРОЛОГИЈА РАДОНА У ОБЛАСТИ ИЗУЧАВАЊА  
КЛИМАТСКИХ ПРОМЕНА И У ЗАШТИТИ ОД ЗРАЧЕЊА У ЖИВОТНОЈ  
СРЕДИНИ**

**Гордана ПАНТЕЛИЋ, Игор ЧЕЛИКОВИЋ, Ивана ВУКАНАЦ,  
Јелена КРНЕТА НИКОЛИЋ и Милош ЖИВАНОВИЋ**

*Институт за нуклеарне науке „Винча“, Институт од националног значаја за  
Републику Србију, Универзитет у Београду, Београд, Србија,  
[pantelic@vin.bg.ac.rs](mailto:pantelic@vin.bg.ac.rs), [icelikovic@vin.bg.ac.rs](mailto:icelikovic@vin.bg.ac.rs), [vukanac@vin.bg.ac.rs](mailto:vukanac@vin.bg.ac.rs),  
[jnikolic@vin.bg.ac.rs](mailto:jnikolic@vin.bg.ac.rs), [milosz@vin.bg.ac.rs](mailto:milosz@vin.bg.ac.rs)*

**САДРЖАЈ**

*Пројекат TraceRADON у оквиру програма EMPIR је фокусиран на метрологију радона у области изучавања климатских промена и у заштити од зрачења у животној средини. Циљеви пројекта TraceRADON су: повећање тачности мерења у заштити од зрачења и оних која се користе за моделовање код климатских промена, следљивост до СИ јединица за ексхалације радона из земљишта, његову концентрацију у атмосфери и валидацију модела за његову дисперзију; развој следљивих метода за мерење ниских концентрација радона у спољашњој средини у опсегу од  $1 \text{ Bq/m}^3$  до  $100 \text{ Bq/m}^3$  са мерном несигурношћу реда 10 % ( $k=1$ ) које се користе у мониторингу климатских промена и у заштити од зрачења; развој следљивих мерења флукса радона на терену, на основу развоја референтног система за ексхалацију радона „exhalation bed“ и стандард трансфера; хармонизација постојећих инструмената/метода за мерење флукса радона користећи интеркомпарацију; валидација постојећих модела и прикупљених података флукса радона, користећи следљива мерења флукса радона и концентрације радона подржане дозиметријским и спектрометријским подацима из мрежа за рану најаву нуклеарне опасности у Европи. У овом раду ће бити дат преглед циљева и досадашњих резултата пројекта.*

**1. Увод**

Пројекат TraceRADON у оквиру програма EMPIR (European Metrology Programme for Innovation and Research - Европски метролошки програм за иновације и истраживање) окупља осамнаест европских партнера из националних метролошких института и истраживачких института, укључујући Институт за нуклеарне науке "Винча" [1]. Пројекат је фокусиран на метрологију радона при посматрању климатских промена и у заштити од зрачења у животној средини и доприноси стварању координисане метролошке инфраструктуре за мерење концентрације радона у Европи.

Специфични циљеви пројекта су:

- развијање нове следљиве методе мерења ниских концентрација радона на отвореном (outdoor) које се користе у мониторингу климатских промена и мрежама заштите од зрачења;
- развијање следљивих мерења флукса радона на терену, на основу развоја референтног система за ексхалацију радона и хармонизација постојећих инструмената/метода за мерење флукса радона користећи интеркомпарацију, развијање првог стандардизованог протокола за примену радон трасер метода (RTM- radon Tracer Method) како би се омогућило праћење ефекта стаклене

- баште на мониторинг станицама за праћења климатских промена и коришћење података о флуксу радона за идентификацију области са повишеним концентрацијама радона (RPA - Radon Priority Areas);
- валидација постојећих модела и прикупљање података флукса радона користећи следљива мерења концентрације радона и радонског флукса подржана дозиметријским и спектрометријским подацима из мрежа за рану најаву нуклеарне опасности у Европи и побољшати мапе флукса радона које ће се користити за примену радон трасер метода (RTM), за моделе атмосферске дисперзије и у заштити од зрачења;
  - обезбедити динамичке мапе радона и флукса радона за истраживање климатских промена и заштиту од зрачења у складу са ЕУРОАТОМ директивом европског савета [2], укључујући њихово коришћење за идентификацију области са повишеним концентрацијама радона (RPA) и повећаним гама зрачењем изазваног спирањем потомака радона из атмосфере услед падавина;
  - оптимизација преузимања технологије и мерне инфраструктуре развијене у пројекту од стране националних метролошких лабораторија и лабораторија за еталонирање, организација за развој стандарда (IEC, ISO) и корисника који прате климатске промене и ефекте стаклене баште, као и од корисника у европским мрежама за рану најаву нуклеарне опасности.
- Ови циљеви ће бити остварени кроз четири радна пакета.

### **2. Радни пакети**

#### **2.1. Концентрација радона на отвореном (outdoor)**

Циљ првог радног пакета је развој нових следљивих метода за мерења ниских концентрација радона на отвореном (outdoor) у опсегу од  $1 \text{ Bq/m}^3$  до  $100 \text{ Bq/m}^3$ , са мерном несигурношћу реда 10 % ( $k=1$ ) које ће се користити у мониторингу климатских промена и мрежама заштите од зрачења. Ове методе ће укључити два нова следљива еманациона извора  $^{222}\text{Rn}$  концентрације испод  $100 \text{ Bq/m}^3$ , инструмент за следљиви трансфер калибрације са новим изворима и одговарајућу процедуру за калибрацију која ће омогућити следљивост мерења концентрације атмосферског радона на терену.

Овај пакет ће проширити мерне могућности остварене у пројекту МетроРАДОН [3], где су развијене нове процедуре за следљиву калибрацију инструмената за мерење радона ( $^{222}\text{Rn}$ ) у опсегу концентрација радона од  $100 \text{ Bq/m}^3$  до  $300 \text{ Bq/m}^3$ , са мерном несигурношћу  $\leq 5 \%$  ( $k=1$ ).

#### **2.2 Мерење флукса радона**

Циљ другог радног пакета је побољшање тачности мерења флукса радона за идентификацију области са повишеним концентрацијама радона (RPA) и праћење ефекта стаклене баште на мониторинг станицама за праћења климатских промена применом радон трасер метода (RTM).

#### **2.3 Модели флукса радона**

Циљ трећег радног пакета је валидовње постојећих модела дистрибуције радонског флукса и прикупљених података користећи следљива мерења концентрације радона и радонског флукса подржана дозиметријским и спектрометријским подацима из мрежа за рану најаву нуклеарне опасности у Европи, као и побољшање мапе флукса радона која ће се користити за примену радон трасер метода (RTM), за моделе атмосферске дисперзије и у заштити од зрачења.

## 2.4 Мапе радона и радонског флукса

Циљ четвртог радног пакета је обезбеђивање динамичке мапе концентрације радона на отвореном и флукса радона за истраживање климатских промена и заштиту од зрачења. Динамичке мапе концентрације радона на отвореном и мапе радонског флукса ће бити обезбеђене путем Веб портала за праћење радиоактивности у животној средини [4].

## 3. Досадашњи резултати пројекта

Постигнути резултати пројекта се могу пратити на интернет страници <http://traceradon-empir.eu/>. Најновији резултати се објављују у “Newsletter”, а први број је изашао у фебруару 2021. године [5].

Прву научну радионицу о метрологији радона која се користи при посматрању климатских промена и у заштити од зрачења у животној средини организовао је ПТБ (Physikalisch-Technische Bundesanstalt, Немачка) 20.10.2020. године и могла се пратити онлајн. Све презентације са овог скупа се могу наћи на интернет страници пројекта [6].

У склопу радионице, је дат преглед литературе [7] у којој се радонски флукс, геогени радонски потенцијал и радон у спољашњој средини користе за процену концентрације радона у затвореним просторијама, идентификацију радонских приоритетних области и формирање динамичког радонског хазард индекса. До тог тренутка је прегледано и анализирано 40ак референци, док је тренутно у фази писања прегледног рада са преко 100 референци везаних за радонски флукс и радон у спољашњој средини. У раду ће бити сумирани параметри који утичу на ексхалацију радона из земљишта, односно радонски флукс, понашање радона у спољашњој средини и њихов утицај на концентрацију радона у затвореним срединама.

## 4. Закључак

TraceRADON пројекат ће умногоме допринети успостављању координисане метролошке инфраструктуре у области мерења радона у Европи. Резултати који се очекују су следећи:

- развој нове следљиве методе за мерења ниских концентрација радона на отвореном;
- побољшање тачности мерења флукса радона за идентификацију области са повишеним концентрацијама радона (RPA) и праћење ефекта стаклене баште;
- побољшање мапе флукса радона које ће се користити за примену радон трасер метода (RTM), за моделе атмосферске дисперзије и у заштити од зрачења;
- стварање динамичке мапе концентрације радона на отвореном и флукса радона за истраживање климатских промена и заштиту од зрачења.

У циљу упознавања научне заједнице, регулаторних тела и других заинтересованих страна са радом на пројекту TraceRADON, актуелни резултати пројекта и статус започетих и планираних активности објављују се на сваких шест месеци и доступни су на интернет страници <http://traceradon-empir.eu/>.

### 5. Захвалница

Овај рад је финансијски подржан од старне European Metrology Programme for Innovation and Research (EMPIR), JRP-Contract 19ENV01 TraceRADON ([www.euramet.org](http://www.euramet.org)) и од стране Министарства просвете, науке и технолошког развоја Републике Србије.

### 6. Литература

- [1] <http://traceradon-empir.eu/>
- [2] DIRECTIVES Council Directive 2013/59/EURATOM, Official Journal of the European Union, L 13/1, 17.01.2014, <https://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2014:013:0001:0073:EN:PDF>
- [3] Гордана ПАНТЕЛИЋ, Милош ЖИВАНОВИЋ, Игор ЧЕЛИКОВИЋ, Јелена КРНЕТА НИКОЛИЋ и Ивана ВУКАНАЦ, METRORADON- ПРОЈЕКАТ ЗА УНАПРЕЂЕЊЕ МЕРЕЊА РАДОНА У ЕВРОПИ, Зборник радова XXX симпозијума Друштва за заштиту од зрачења Србије и Црне Горе, 668 страна. Уредници: Михајло Јовић и Гордана Пантелић, 2-4. октобар 2019. Дивчибаре; ДЗЗСЦГ; 192-199, ISBN 978-86-7306-154-2  
[https://drive.google.com/file/d/1Qxn\\_r3DZRakQMq6rzw4b3Ln1xMj18Z3H/view](https://drive.google.com/file/d/1Qxn_r3DZRakQMq6rzw4b3Ln1xMj18Z3H/view)
- [4] Radioactive Environmental Monitoring web portal, REMon, Joint Research Centre of the European Commission and the ICOS Carbon portal  
<https://remon.jrc.ec.europa.eu>
- [5] [http://traceradon-empir.eu/wp-content/uploads/2021/01/traceRadon\\_Newsletter\\_2021-1.pdf](http://traceradon-empir.eu/wp-content/uploads/2021/01/traceRadon_Newsletter_2021-1.pdf)
- [6] [http://traceradon-empir.eu/?page\\_id=1192](http://traceradon-empir.eu/?page_id=1192)
- [7] Gordana Pantelić, Ivana Vukanac, Jelena Krneta Nikolić, Maciej Norenberg, Zuzanna Baranowska, Igor Čeliković, Miloš Živanović. Literature survey on the use of radon flux data for estimating indoor and outdoor radon activity concentrations, Scientific Workshop 20 October 2020 EMPIR 19ENV01 traceRadon,  
[http://traceradon-empir.eu/wp-content/uploads/2020/11/WP4\\_Presentation\\_Literature-survey.pdf](http://traceradon-empir.eu/wp-content/uploads/2020/11/WP4_Presentation_Literature-survey.pdf)



---

**TRACERADON- RADON METROLOGY FOR USE IN CLIMATE CHANGE  
OBSERVATION AND RADIATION PROTECTION AT THE  
ENVIRONMENTAL LEVEL**

**Gordana PANTELIC, Igor ČELIKOVIĆ, Ivana VUKANAC,  
Jelena KRNETA NIKOLIĆ and Miloš ŽIVANOVIĆ**

*Institute of Nuclear Sciences „Vinča“, Institute of national importance for the Republic  
of Serbia, University of Belgrade, Belgrade, Serbia, [pantelic@vin.bg.ac.rs](mailto:pantelic@vin.bg.ac.rs),  
[icelikovic@vin.bg.ac.rs](mailto:icelikovic@vin.bg.ac.rs), [vukanac@vin.bg.ac.rs](mailto:vukanac@vin.bg.ac.rs), [jnikolic@vin.bg.ac.rs](mailto:jnikolic@vin.bg.ac.rs),  
[milosz@vin.bg.ac.rs](mailto:milosz@vin.bg.ac.rs)*

**ABSTRACT**

TraceRADON, a three year project based in the EMPIR program, is focused on radon metrology for use in climate change observation and radiation protection at the environmental level. The aims of project TraceRADON are: to increase the accuracy of both radiation protection measurements and those used for GHG modeling, traceability to SI units for radon release rates from soil, its concentration in the atmosphere and validated models for its dispersal; to develop traceable methods for the measurement of outdoor low-level radon activity concentrations in the range of 1 Bq/m<sup>3</sup> to 100 Bq/m<sup>3</sup> with uncertainties of 10 % (k=1) to be used in climate and radiation protection networks; to develop the capability for traceable radon flux measurements in the field, based on the development of a radon exhalation reference system “exhalation bed” and a transfer standard; to use this capability to harmonize existing radon flux instruments/methods using intercomparisons and to validate current radon flux models and inventories using traceable measurements of radon flux and radon activity concentration supported by dosimetric and spectrometric data from the radiological early warning networks in Europe. This paper presents the overview of these objectives and the results achieved in the present time.