

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



**ЗБОРНИК
РАДОВА**

**XXIX СИМПОЗИЈУМ ДЗЗСЦГ
Сребрно језеро
27- 29. септембар 2017. године**

**Београд
2017. године**

**SOCIETY FOR RADIATION PROTECTION OF
SERBIA AND MONTENEGRO**



PROCEEDINGS

**XXIX SYMPOSIUM DZZSCG
Srebrno jezero
27- 29. September 2017**

**Belgrade
2017**

ЗБОРНИК РАДОВА

XXIX СИМПОЗИЈУМ ДЗЗСЦГ
27-29.09.2017.

Издавачи:

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

За извршног издавача:

Др Борислав Грубор

Уредници:

Др Јелена Станковић Петровић
Др Гордана Пантелић

ISBN 978-86-7306-144-3

© Institut za nuklearne nauke „Vinča“

Техничка обрада:

Јелена Станковић Петровић, Гордана Пантелић

Штампа:

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

Тираж:

150 примерака

Година издања:

Септембар 2017.

КОНЦЕНТРАЦИЈЕ РАДИОНУКЛИДА У УЗОРЦИМА БИЉАКА И ЗЕМЉИШТА СА ПОДРУЧЈА ПРИЗРЕНА

Гордана МИЛИЋ, Љиљана ГУЛАН, Биљана ВУЧКОВИЋ и Бајрам ЈАКУПИ
Природно-математички факултет, Универзитет у Приштини, 38220 Косовска Митровица, Србија, gordana.milic@pr.ac.rs

САДРЖАЈ

Специфичне активности природних радионуклида ^{40}K , ^{232}Th , ^{235}U , ^{226}Ra и вештачког ^{137}Cs мерене су у сувим узорцима различитих биљака и у земљишту са којег потичу биљке у урбаним срединама и ван насељених места у региону Призрена. Мерења специфичне активности у свим узорцима урађена су на HPGe детектору коаксијалног типа методом спектрометрије гама зрачења. Максималне концентрације активности ^{232}Th , ^{235}U и ^{226}Ra , измерене су у планинском чају и износе 45 Bq/kg, 11 Bq/kg и 99 Bq/kg, респективно. У плоду глога се максимално акумулирао ^{137}Cs (48 Bq/kg), а максимална вредност концентрације ^{40}K измерена је у парадајзу и износи 914 Bq/kg. Израчунати трансфер фактори радионуклида из земљишта у различитим биљним културама су у интервалу од 0,06-1,365 за ^{40}K . Концентрације ^{232}Th , ^{235}U , ^{226}Ra и ^{137}Cs биле су испод границе детекције у неким узорцима и биљака и земљишта, а максималне вредности трансфер фактора су 0,30; 2,5; 0,33 и 0,59 респективно.

1. УВОД

Под нормалним условима, светска популација је изложена зрачењима која су природног порекла. Излагање овом зрачењу је неизбежно и људи су свакодневно изложени радионуклидима који се налазе у земљишту, води, ваздуху и прехранбеним производима. Таложeње радионуклида на тло и вегетацију представља полазну тачку за њихов пренос у земаљском окружењу и у ланцима исхране. Природно радиоактивни извори дају просечну ефективну дозу од 2,4 mSv од чега 1,2 mSv потиче од удисања радона и торона и од њихових потомака у затвореном и спољашњем простору. Спољашње озрачивање становништва доминантно потиче од гама зрачења насталог распадима у радиоактивним нивовима урана ^{238}U и торијума ^{232}Th , као и од калијума ^{40}K [1]. Ови радионуклиди доприносе и унутрашњем излагању када путем ланаца исхране доспеју у људски организам и озрачавају различите органе алфа, бета и гама зрачењем. Биљке представљају важну карику у транспорту и дистрибуцији радионуклида, тешких метала и других загађивача животне средине и често се користе као биомониторинг атмосферских загађења [2]. Радионуклиди се метаболички уграђују у биљне врсте ресорпцијом из земљишта путем кореновог система (дугоживећи ^{40}K , ^{232}Th , ^{238}U , ^{235}U , ^{90}Sr , ^{137}Cs), као и депозицијом на лишћу биљака (^{210}Pb , ^7Be) [3,4]. Од радионуклида који не припадају радиоактивним нивовима најзначајнији је калијум ^{40}K , кога у природном калијуму има само 0,0117%, али доприноси више од 90% дози која потиче од природне радиоактивности. Пошто је калијум као елемент веома заступљен у Земљиној кори, као један од главних радионуклида магме, неизбежна је компонента у ланцу исхране (земљиште-биљке-животиње-човек). Просечно човек унесе 44000 Bq ^{40}K годишње. [5]. Остали радионуклиди природног порекла

заступљени су у малим количинама и не доприносе у великој мери дози становништва.

Пренос радионуклида кроз ланац исхране је предмет интензивног истраживања од 60-их година прошлог века. Тестирање нуклеарног оружја и акциденти током мирнодопског коришћења нуклеарне енергије довели су до неконтролисане емисије вештачких радионуклида и контаминације животне средине [6]. Међу физиономским производима најзначајнији индикатор антропогеног загађења атмосфере због дугог периода полураспада (30,05 год.) је ^{137}Cs . Концентрације ^{137}Cs у земљишту су пре свега последица хаварије нуклеарне електране у Чернобиљу 1986. године када је дошло до радиоактивне контаминације испуштањем у атмосферу око 1,85 ЕВq вештачког радиоактивног материјала [7]. Коренов систем биљака лако усваја вештачке радионуклиде што је добар предуслов за цезијум да се укључи у геолошко и биолошко кружење материје, а метаболички и хемијски сличан је калијуму и калцијуму. До организама цезијум доспева путем сорпционих процеса који се дешавају између биљака и земљишта на коме расту, односно воде из земљишта и падавина, а организам га усваја процесима физичке и хемијске сорпције и јонске измене. Потпуно је растворљив у телесним течностима и равномерно се распоређује у организму.

Крајем осамдесетих и почетком деведесетих година у прошлом веку посебну пажњу светске јавности привукло је коришћење муниције са осиромашеним ураном. Осиромашени уран (ОУ) је нуспродукт процеса обогаћене руде природног урана за употребу у нуклеарним реакторима и оружју. Разликује се од природног урана због различите концентрације неких изотопа урана. Природни уран садржи 0,7% урана ^{235}U а у осиромашеном урану смањен је за једну трећину на 0,2 – 0,3%. На Косову и Метохији је увећан ризик од излагања јонизујућем зрачењу након НАТО бомбардовања 1999. године када је коришћена и муниција са осиромашеним ураном [8]. Узимајући у обзир мобилност осиромашеног урана са контаминираних простора различитим транспортним процесима (ветар, подземне воде, различити контакти људи, животиња и других активности) могућа је контаминација у ширем простору од места изложеног непосредном бомбардовању. Уношење осиромашеног урана у ланац исхране јесте реална опасност имајући у виду да није познато да су предузете активности за уклањање настале контаминације. Због заинтересованости, а и забринутости становништва Косова и Метохије услед ризика од радиоактивне контаминације праћење нивоа радиоактивности у животној средини је од фундаменталног значаја.

У оквиру радиолошких истраживања започетих у последњој деценији прошлог века на територији Косова и Метохије истраживани су радионуклиди у ваздуху затворених просторија (радон, торон и потомци радона и торона) и радионуклиди у земљишту [9,10,11,12,13]. Мерења концентрације радона на Косову и Метохији унета су у мапу о радону која је прикључена Европској мапи 2011. године [14].

У овом раду су представљене у насумично одабраним биљним културама измерене специфичне активности радионуклида (^{40}K , ^{232}Th , ^{235}U , ^{226}Ra) природног порекла и ^{137}Cs антропогеног порекла. Мерења су обављена и у неким узорцима земљишта да би се поред радиоактивне контаминације проценили и механизми акумулације радионуклида у различитим деловима биљних култура.

2. ЕКСПЕРИМЕНТАЛНИ РАД

У раду се износе процене садржаја радионуклида кроз мерења њихове специфичне активности у узорцима биљних култура пореклом из Призрена и места у блиској околини или ван насеља. Истраживање је засновано на одређивању и анализи специфичне активности ^{40}K , ^{232}Th , ^{235}U , ^{226}Ra и ^{137}Cs у вегетативним (лист) и генеративним (плод) органима различитих биљних врста. У овој групи су анализирани углавном зрели плодови поврћа и воћа и чајеви. Концентрације радионуклида мерене су у сувој супстанци. Припрема узорка и гамаспектрометријска мерења специфичне активности радионуклида обављена су у Лабораторији за гамаспектрометријска мерења Института за медицину рада Србије „Др Драгомир Карајовић“ у Београду. После припреме узорка која се састоји од сушења на собној температури, концентрисања тј. минерализације на температури од 4000°C , затапања и чувања 30 дана пре мерења до успостављања радиоактивне равнотеже, спектрометрија гама емитера је урађена на полупроводничким HPGe детекторима фирме EG&G “ORTEG”. Релативна ефикасност детектора је 25% на 1,33 MeV-а, резолуције 1,95 keV, односно 1,85 keV. Детектори су повезани са вишеканалним анализатором (8192 канала) истог произвођача и са истом одговарајућом рачунарском опремом. Енергетска калибрација, као и калибрација ефикасности детектора обавља се помоћу радиоактивног стандарда Amersham.

Композитни узорци земљишта направљени су од више узорка земљишта до 20 cm дубине на месту гајења биљака. Припремљени узорци суше се на температури $1050 - 1100^{\circ}\text{C}$ до константне тежине 24-48 сати, затапају и чувају 30 дана до успостављања радиоактивне равнотеже.

Време мерења једног узорка је 60000 s до 100000 s, а основно зрачење се мери 250000 s. Релативна грешка припреме узорка и мерења је до 10% [15,16].

3. РЕЗУЛТАТИ И ДИСКУСИЈА

У табели 1 су наведени резултати гамаспектрометријске анализе концентрације радионуклида: ^{40}K , ^{232}Th , ^{235}U , ^{226}Ra и ^{137}Cs у биљним узорцима и у неким узорцима земљишта, израчунате вредности трансфер и дискриминационих фактора, односи максималних и минималних вредности трансфер фактора. У делу табеле су концентрације наведених радионуклида само у биљкама.

Код измерених специфичних активности радионуклида у биљним узорцима уочава се изразита варијабилност свих радионуклида која је евидентна и због различитих биљака и делова самих биљака. Средње вредности (опсег) концентрација за ^{40}K , ^{232}Th , ^{235}U , ^{226}Ra и ^{137}Cs су: 398,7 (38–914); 9,7(MDA-45); 3,2(MDA-16); 12,9 (MDA-99) и 8,98 (MDA-48). Велике разлике између максималних и минималних вредности за ^{137}Cs показују типичне особине за загађиваче вештачког порекла. Концентрације ^{40}K и ^{232}Th крећу се у уобичајеним границама, а средње вредности за ^{235}U и ^{226}Ra су за ред величине веће од литературних података наведених у табели 2 за биљне узорке са југа и широм Србије. Међутим, ови радионуклиди нису детектовани у већини узорка и то истовремено, а од детектованих вредности, за радијум су веће од урана у истим узорцима. Прегледом резултата из табеле 1, види се да су ови радионуклиди концентрисани у плодовима мекане структуре и у лишћу.

Радиоэкологича и излагање становништва

Радиоактивна контаминација биљне и сточарске производње, које представљају најзначајније факторе у радијационој угрожености људи преко ланца исхране, намећу потребу систематске радијационо–хигијенске контроле различитих биљних врста за анималну исхрану, од којих је кукуруз међу најзначајнијим. У овом истраживању калијума и торијума у кукурузу има више него у истраживањима у Србији [19, 20], цезијума исто, а уран и радијум су испод прага детекције.

Табела 1. Концентрације радионуклида у неким узорцима биљака и земљишта са подручја Призрена

Радионуклиди	⁴⁰ K	²³² Th	²³⁵ U	²²⁶ Ra	¹³⁷ Cs	
Узорци	Bq/kg	Bq/kg	Bq/kg	Bq/kg	Bq/kg	
Нар(плод)	96±6	13±4	1,2±0,1	20±2	2±0,2	
Нар(семе)	38±3	≤MDA	5±0,5	10±2	16±2	
Нар(земља)	620±22	43±2	2±0,1	61±3	27±2	
Пасуљ	604±72	≤MDA	≤MDA	≤MDA	≤MDA	
Земља	101±7	16±3	2±1	7±1	19±1	
Клека (плод)	223±2,3	≤MDA	≤MDA	≤MDA	≤MDA	
Грожђе(плод)	273±17	17,2±	1,65±0,2	4±0,4	2±0,25	
земља	200±10	≤MDA	≤MDA	≤MDA	4±0,5	
Трансфер фактори						DF
Нар(плод)	0,15	0,30	0,6	0,33	0,074	0,49
Нар(семе)	0,06	-	2,5	0,16	0,59	9.8
Пасуљ	5,98	-	-	-	-	-
Клека (плод)	1,115	-	-	-	-	-
Грожђе(плод)	1,365	-	-	-	0,5	0.37
TF _{max} /TF _{min}	99,7		4,17	2,06	8	0.08
Радионуклиди	⁴⁰ K	²³² Th	²³⁵ U	²²⁶ Ra	¹³⁷ Cs	
Узорци	Bq/kg	Bq/kg	Bq/kg	Bq/kg	Bq/kg	
Кукуруз	158±9	4±1	≤MDA	≤MDA	0,3±0,1	
Планински чај	493±14	45±10	11±1,7	99±10	13±2	
Глог(плод)	657±60	≤MDA	≤MDA	≤MDA	48±2	
Мајчина душица	630±94	3,4±0,7	≤MDA	9,6±2	1±0,3	
Парадајз(плод)	914±50	≤MDA	16±3	≤MDA	16±2	
Кестен(плод)	222±20	24±3	≤MDA	≤MDA	0,5±0,1	

Специфичне вредности радионуклида у земљишту из овог истраживања су у интервалу просечних вредности у свету и Србији. Интервали концентрација су: за ⁴⁰K (101-620), ²³²Th (MDA-43), ²³⁵U (MDA-2), ²²⁶Ra (MDA-61) и за ¹³⁷Cs (4-27). Ради поређења у табели 3 су наведене средње вредности специфичних активности радионуклида у Војводини, за 74 локације на Косову и Метохији, у окружењу и у свету.

Табела 2. Литературни подаци о концентрацијама радионуклида у различитим биљним узорцима

Радионуклиди	⁴⁰ K	²³² Th	²³⁵ U	²²⁶ Ra	¹³⁷ Cs
Узорци	Bq/kg	Bq/kg	Bq/kg	Bq/kg	Bq/kg
Биљни узорци [17]	284-434	2,1-3,2	< 0,3	1,8-4,5	<0,2-1,3
Биљни узорци [18]	245-787	1,2-6	MDA-4,7	0,7-8,5	MDA-1,6
Кукуруз [19,20]	59-108	< 0,2	<0,1	0,08-1,4	0,23- 2,91
Пасуљ [19]	254-551	/*	/	/	0,1-0,28
Грожђе [19]	30-47	/	/	/	0,03-020
Чајеви [21]	623	3	/	3,1	0,9

Табела 3. Литературним подаци о концентрацијама радионуклида у земљишту

Локација	⁴⁰ K	²³² Th	²³⁵ U	²²⁶ Ra	¹³⁷ Cs
	Bq/kg	Bq/kg	Bq/kg	Bq/kg	Bq/kg
Војводина [20]	554	53	/	40	12
Косово и Метохија [13]	608	35	/	33	48
Република Српска [22]	536	41	3,4	47	26
Словенија [23]	318	/	/	73,8	25,1
Хрватска [23]	650	62	5,4	74	39
Свет [24]	400	30	/	35	/

Трансфер је процес којим се прерасподељују радионуклиди из земљишта на коме се развијају (узгајају) до других делова биљака који нису били контаминирани директно. Трансфер фактор (TF) се дефинише као однос концентрације активности датог радионуклида у биљци (Bq/kg) и концентрације активности у земљи (Bq/kg) за сушене узорке биљака и земљишта [25]:

$$TF = \frac{Aktivnost_{biljke}}{Aktivnost_{zemljišta}} \quad (1)$$

Пренос радионуклида из земљишта у биљке зависи од физичких, хемијских и биолошких фактора. Те факторе одређују особине радионуклида, тип биљне културе и карактеристике земљишта [26]. Што се тиче резултата мерења како су остали фактори исти, трансфер фактор за ⁴⁰K већи је од 1,0 у већини анализираних узорака и средња вредност износи 1,734. Калијум је највише акумулиран у лишћу (мајчина душица, планински чај) и у плодовима поврћа са највећом концентрацијом од 914 Bq/kg у парадајзу, у пасуљу, док је мање акумулиран у плодовима воћа, где је стабло посредник у трансферу из тла преко корена. Из табеле се види да је максимална вредност 5,98 а минимална 0,06.

Већа концентрација радионуклида у биљним узорцима у односу на узорке земљишта указује на механизме акумулације из земље преко корена и фолијарне депозиције из атмосфере.

Насупрот калијуму, торијум се више акумулира у воћу него у плодовима поврћа када је испод границе детекције. Уран ²³⁵U и ²²⁶Ra су испод прага детекције у већини узорака. Цезијум ¹³⁷Cs се депонује у свим деловима биљака. Опште је

прихваћено да Cs улази у биљку углавном преко K транспортног система. Биљке не могу да направе разлику између ^{40}K и ^{137}Cs у процесу преузимања зато што имају заједничке хемијске особине и припадају истој групи периодног система. Ово може да се објасни помоћу дискриминационог фактора (DF) који се дефинише као

$$DF = \frac{TF_{Cs}}{TF_K} \quad (2)$$

где су TF_{Cs} и TF_K трансфер фактори за ^{137}Cs и ^{40}K . Како су вредности за DF мање од јединице, указује на то да се ^{40}K лакше и ефикасније апсорбује од ^{137}Cs . Резултати су представљени у табели 1 и показују да је DF изузев за један узорак (нар – семе, чији је DF 9,8) у интервалу између 0,08 и 0,49 типичан.

Релативно је слаба корелација између радионуклида у земљишту и узорцима биљака код радијума, торијума и цезијума, док је код калијума релативно слаба и негативна, а незнатна и негативна код ^{235}U .

4. ЗАКЉУЧАК

Резултати овог истраживања су указали на способност акумулације ^{40}K , ^{232}Th , ^{235}U , ^{226}Ra и ^{137}Cs од стране испитиваних узорака, што је од значаја код процене преноса радионуклида кроз ланац исхране. Пренос радионуклида кроз испитиване узорке значајно варира. Тај однос зависи од врсте радионуклида и врсте узорка.

Калијум ^{40}K је детектован у свим узорцима земљишта и биљака, са максималном концентрацијом у биљном од 914 Bq/kg, која је изнад наведених литературних података. Торијум ^{232}Th , уран ^{235}U и радијум ^{226}Ra нису детектовани у већини узорака, а детектоване вредности за торијум су уобичајене, а за уран и радијум веће од литературних. Цезијум је детектован у већини узорака.

Резултати су показали да је удео радионуклида у укупној активности у земљишту у просеку чиме су потврђени литературни подаци.

5. ЗАХВАЛНОСТ

Финансијска подршка од Министарства за просвету, науку и технолошки развој Републике Србије на основу пројекта Р – III41028 и III43002.

6. ЛИТЕРАТУРА

- [1] UNSCEAR (2000) United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation. Sources and effects of ionizing radiation. UNSCEAR 2000 Report to the General Assembly, with scientific annexes.
- [2] D. Todorović, D. Popović, J. Ajtić, J. Nikolić. Leaves of higher plants as biomonitors of radionuclides (^{137}Cs , ^{40}K , ^{210}Pb and ^7Be) in urban air. *Environ. Sci. Pollut. Res.* 20, 2013, 525-532.
- [3] B. Gajić. Fizika zemljišta. Univerzitet u Beogradu, 2006. Poljoprivredni Fakultet, Beograd.
- [4] D. Todorović, D. Popović, J. Ajtić, J. Nikolić. Leaves of higher plants as biomonitors of radionuclides (^{137}Cs , ^{40}K , ^{210}Pb and ^7Be) in urban air. *Environ. Sci. Pollut. Res.* 20, 2013, 525-532.
- [5] I. Bikit, Lj. Čonkić. Jonizujuće zračenje u prirodi, Institut za fiziku, PMF Novi Sad

- [6] UNSCEAR, Ionizing radiation: Sources and biological effects. Report to the General Assembly, with Scientific Annexes, United Nations, New York, 1982
- [7] E. Van der Stricht, R. Kirchmann. Radioecology, Radioactivity and Ecosystems. Oupeye, Belgium, 2001.
- [8] UNEP, 2000. NATO confirms to the UN use of depleted uranium during the Kosovo Conflict. Press Release, 21 March 2000.
- [9] G. Milić. Indoor distribution of radon in some regions of Kosovo and Metohija PhD dissertation, Kosovska Mitrovica, 2003.
- [10] G. Milic, I.V. Yarmoshenko, B. Jakupi, M. Kovacevic, Z.S. Žunic. Indoor radon measurements in Kosovo and Metohija over the period 1995–2007. *Radiat. Meas.* 46, 2011, 141–144.
- [11] Lj. Gulan, G. Milic, P. Bossew, Y. Omori, T. Ishikawa, R. Mishra, Y.S. Mayya, Z. Stojanovska, B. Vuckovic and Z. S. Zunic. Field experience on indoor radon, thoron and their progenies with solid state detectors in a survey of Kosovo and Metohija. *Radiat. Prot. Dosimetry.* 152 (1-3), 2012, 189-197
- [12] Ljiljana Gulan, Gordana Milic, Peter Bossew, Yasutaka Omori, Tetsuo Ishikawa, Rosaline Mishra, YS Mayya, Zdenka Stojanovska, Biljana Vuckovic and Zora S. Zunic: *Field experience on indoor radon, thoron and their progenies with solid state detectors in a survey of Kosovo and Metohija Radiat Prot Dosimetry (2012) 152 (1-3): 189-19*
- [13] Љ. Гулан, *Мерења радионуклида у тлу и радона у затвореним просторијама на Косову и Метохији*, Докторска дисертација, Крагујевац, 2014.
- [14] G. Milic, Lj. Gulan, P. Bossew, B. Vuckovic, Z. S. Zunic, Indoor Radon Mapping: a Survey of Residential Houses of Kosovo and Metohija. *Romanian Journal of Physics.* 58, Supplement, P, 2013, S180-S188.
- [15] K. Debertin, R.G. Helmer. Gama and X-ray spectrometry with semiconductor detectors, North-Holand, Amsterdam-Oxford-New York-Tokyo, 1988.
- [16] G.K. Pantelić, Gama spectrometar calibration with natural radioactive materials, *Nucl. Instr. Methods Phys. Res. A* 369 (1996) 572 – 573.
- [17] [Sarap Natasa B](#) [Jankovic Marija M](#) [Todorovic Dragana J](#) [Nikolic Jelena D](#) [Kovacevic Milojko S](#) Environmental radioactivity in southern Serbia at locations where depleted uranium was used ARCHIVES OF INDUSTRIAL HYGIENE AND TOXICOLOGY, (2014), vol. 65 br. 2, str. 189-197
- [18] Ј. Јоксић, М. Раденковић, Д. Тодоровић РАДИОАКТИВНОСТ БИЉНИХ КУЛТУРА У ОКОЛИНИ ТЕРМОЕЛЕКТРАНЕ »НИКОЛА ТЕСЛА« ИНН "Винча" *ZBORNIK RADOVA. XXIII SIMPOZIЈUM DZZSCG.* 26 – 28. septembar, 2005.
- [19] Институт за медицину рада и радиолошку заштиту "Др Драгомир Карајовић "Радиоактивност животне средине у републици Србији у 2002. години-Извештај, Београд, април 2002. године
- [20] Ištvan Bikit, Nataša Todorović, Dušan Mrđa, Sofija Forkapić, Nikola Jovančević, Jovana Nikolov, Jan Hansman MERENJE RADIOAKTIVNOSTI ZEMLJIŠTA NA TERITORIJI AP VOJVODINE U 2010. GODINI ZAVRŠNI IZVEŠTAJ Novi Sad, decembar 2010.
- [21] El-Kamel, A Abbady, S Harb, AMM Youssef, II Saleh ... Measurement of the radioactivity of ^{226}Ra , ^{210}Pb , ^{228}Th , ^{232}Th , ^{228}Ra , ^{137}Cs and ^{40}K in tea using gamma-spectrometry. *S Harb. Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry* 274 (1), 63-66, 2007.

- [22] Janković M, Todorović D, Savanović M. Radioactivity measurements in soil samples collected in the Republic of Srpska. *Radiat Meas* 2008;43:1448-52. doi: 10.1016/j.radmeas.2008.03.004
- [23] Vaupotič J, Barišić D, Kobal I, Lulić S. Radioactivity and radon potential of the terra rossa soil. *Radiat Meas* 2007;42:290-7. doi: 10.1016/j.radmeas.2007.01.034
- [24] UNSCEAR, United Nation Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation, *Sources and effects of ionizing radiation. Annex B: Exposure of the public and workers from various sources of radiation*. UNSCEAR, 2008. United Nations, New York, 2010
- [25] International Atomic Energy Agency, *Quantification of Radionuclide Transfers in Terrestrial and Freshwater Environments for Radiological Assessments*, IAEA-TECDOC-1616, IAEA, Vienna (2009)
- [26] IAEA, International Atomic Energy Agency, *Classification of Soil Systems on the Basis of Transfer Factors of Radionuclides from Soil to Reference Plants*, IAEA-TECDOC-1497, IAEA, Vienna (2006)., IAEA, Vienna (2006)

CONCENTRATION OF RADINUCLIDES IN PLANT AND LAND SAMPLES FROM PRIZREN AREA

Gordana MILIĆ, Ljiljana GULAN, Biljana VUČKOVIĆ and Bajram JAKUPI
University of Pristina, Faculty of Natural Science, 38220 Kosovska Mitrovica, Serbia
gordana.milic@pr.ac.rs

ABSTRACT

The specific activities of natural radionuclides ^{40}K , ^{232}Th , ^{235}U , ^{226}Ra and artificial radionuclide ^{137}Cs were measured in dry samples of different plants as well as in the urban soil which plants originate, and from unpopulated areas in the region of Prizren. Measurements of specific activity in all samples were performed on HPGe coaxial detector type by spectrometry of gamma radiation. Maximum activity concentrations of ^{232}Th , ^{235}U and ^{226}Ra were measured in a mountain tea and it amounted 45 Bq/kg, 11 Bq/kg and 99 Bq/kg, respectively. A maximum accumulated activity of ^{137}Cs was for the hawthorn fruits (48 Bq/kg), and the maximum value of the concentration of ^{40}K was measured in tomato (914 Bq/kg). Calculated transfers factors of radionuclides from the soil to different crop plants were in the range of 0.06-1.365 for ^{40}K . The concentrations of ^{232}Th , ^{235}U , ^{226}Ra and ^{137}Cs were below detection limits in some plant samples and in the soil, and the maximum value of the transfer factors were 0.30, 2.5, 0.33 and 0.59 respectively.