

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
6th - 8th 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.

**XXXI СИМПОЗИЈУМ ДРУШТВА
ЗА ЗАШТИТУ ОД ЗРАЧЕЊА
СРБИЈЕ И ЦРНЕ ГОРЕ**

Београд, 06-08.10.2021.

Организатори:

ДРУШТВО ЗА ЗАШТИТУ ОД ЗРАЧЕЊА СРБИЈЕ И ЦРНЕ ГОРЕ

ИНСТИТУТ ЗА НУКЛЕАРНЕ НАУКЕ „ВИНЧА“

Лабораторија за заштиту од зрачења и заштиту животне средине „Заштита“

Организациони одбор:

Председник: Ивана Вуканац

Чланови:

Гордана Пантелић, Институт за нуклеарне науке „Винча“, Београд
Софија Форкапић, Природно математички факултет, Нови Сад
Маја Еремић Савковић, Директорат за радијациону и нуклеарну сигурност и безбедност Србије, Београд
Милица Рајачић, Институт за нуклеарне науке „Винча“, Београд
Милош Ђалетић, Институт за нуклеарне науке „Винча“, Београд
Наташа Сарап, Институт за нуклеарне науке „Винча“, Београд
Андреа Којић, Институт за нуклеарне науке „Винча“, Београд
Јелена Станковић Петровић, Институт за нуклеарне науке „Винча“, Београд
Војислав Станић, Институт за нуклеарне науке „Винча“, Београд
Предраг Божовић, Институт за нуклеарне науке „Винча“, Београд
Велибор Андрић, Институт за нуклеарне науке „Винча“, Београд
Кристина Бикит, Природно математички факултет, Нови Сад
Ивана Максимовић, Нуклеарни објекти Србије, Београд

Научни одбор:

др Драгана Тодоровић, Институт за нуклеарне науке „Винча“, Београд
др Душан Мрђа, Природно математички факултет, Нови Сад
др Никола Свркота, ЦЕТИ, Подгорица, Црна Гора
др Драгана Крстић, Природно математички факултет, Институт за физику, Крагујевац
др Биљана Миленковић, Институт за информационе технологије, Крагујевац
др Јелена Стајић, Институт за информационе технологије, Крагујевац
др Јелена Ајтић, Факултет ветеринарске медицине, Београд
др Владимир Удовичић, Институт за физику, Земун, Београд
др Наташа Лазаревић, Нуклеарни објекти Србије, Београд
др Ивана Смичиклас, Институт за нуклеарне науке „Винча“, Београд
др Јелена Крнета Николић, Институт за нуклеарне науке „Винча“, Београд
др Марија Јанковић, Институт за нуклеарне науке „Винча“, Београд
др Игор Челиковић, Институт за нуклеарне науке „Винча“, Београд
др Александар Кандић, Институт за нуклеарне науке „Винча“, Београд
др Србољуб Станковић, Институт за нуклеарне науке „Винча“, Београд
др Милош Живановић, Институт за нуклеарне науке „Винча“, Београд

Организацију су помогли:

Институт за нуклеарне науке „Винча“, Лабораторија за заштиту од зрачења и заштиту животне средине

Министарство просвете, науке и технолошког развоја Републике Србије

Овај Зборник је збирка радова саопштених на XXXI Симпозијуму Друштва за заштиту од зрачења Србије и Црне Горе који је одржан у Београду 06-08.10.2021. Радови су разврстани у десет секција. Поред тога што су сви радови у Зборнику рецензирани од стране Научног одбора, за све приказане резултате и тврдње одговорни су сами аутори.

Југословенско друштво за заштиту од зрачења основано је 1963. године у Порторожу, а од 2005. носи име "Друштво за заштиту од зрачења Србије и Црне Горе". Ове године Друштво обележава 58 година организоване заштите од зрачења на простору бивше Југославије. Као и до сада, симпозијум Друштва за заштиту од зрачења представља прилику да се кроз стручни програм представе резултати истраживања у области заштите од зрачења, анализирају актуелна дешавања, дефинишу проблеми и правци даљег унапређивања наше професионалне заједнице. Поред тога, Симпозијум друштва представља и прилику да сретнемо старе и упознамо нове пријатеље, обновимо старе и започнемо нове професионалне сарадње.

Симпозијум је, због специфичних услова рада изазваних пандемијом Корона вируса, по први пут одржан у комбинованом режиму – уживо и виртуелно. Организациони одбор се захваљује ауторима и коауторима научних и стручних радова на доприносу и уложеном труду да се квалитетним и корисним радовима саопштеним на XXXI Симпозијуму очува континуитет у раду Друштва за заштиту од зрачења Србије и Црне Горе.

*Организациони одбор
XXXI Симпозијума ДЗЗСЦГ*

IZVEDENE KONCENTRACIJE ^{238}U I ^{226}Ra U HRANI ZA ŽIVOTINJE

Branislava MITROVIĆ

Univerzitet u Beogradu, Fakultet veterinarske medicine, Beograd, Srbija,
slavatab@vet.bg.ac.rs

SADRŽAJ

Fosfatni mineralni aditivi, monokalcijum i dikalcijum fosfat, koji imaju visok sadržaj ^{238}U i ^{226}Ra , mogu biti glavni izvor kontaminacija hrane za životinje. U ishrani životinja monokalcijum i dikalcijum fosfat se koriste kao izvor neorganskog fosfora. Rezultati prikazani u ovom radu ukazuju na to da maksimalno dozvoljen sadržaj ^{238}U i ^{226}Ra u monokalcijum i dikalcijum fosfatu za ishranu životinja treba da bude jednak izvedenim koncentracijama radionuklida u mineralnim fosfatnim aditivima koji se koriste u ishrani mlečnih krava (243 Bq/kg za ^{238}U i 39 Bq/kg za ^{226}Ra), čime se obezbeđuje dobijanje radijaciono higijenskih obroka za sve vrste i kategorije životinja. Takođe, potrebno je razmotriti donošenje nove zakonske regulative kojom bi se regulisao maksimalno dozvoljeni sadržaj ^{238}U i ^{226}Ra u fosfatnim mineralnim aditivima za ishranu životinja.

1. Uvod

Prirodni i proizvedeni radioaktivni elementi prisutni u zemljištu, vazduhu, vodi i hrani kontinuirano ozračuju sva živa bića na planeti. Zemljišno zračenje potiče od primordijalnih radionuklida, od kojih su najznačajniji ^{238}U i ^{232}Th sa potomcima svog radioaktivnog raspada, i ^{40}K . Sadržaj prirodnih radionuklida u zemljištu u najvećoj meri zavisi od vrste matične stene od koje zemljište potiče. U fosfatnim i granitnim stenama, kao i škriljcima, sadržaj prirodnih radioaktivnih elemenata je obično veći nego u sedimentnim stenama [1]. Radionuklidi iz zemljišta se putem vode i biljaka uključuju u lanac hrane zemljište–biljke–životinje i na taj način dospevaju i do čoveka. Migracija prirodnih radionuklida iz zemljišta u biljke zavisi od više različitih faktora od kojih su najvažniji vrsta zemljišta, sadržaj glina, pH vrednost zemljišta, vrsta biljne kulture [2-5]. Uranijum je hemijski i radiološki toksičan element i u prirodi se javlja kao smeša tri izotopa ^{238}U (99,27 %), ^{235}U (0,72 %) i ^{234}U (0,006 %). Radioaktivnim raspadom ^{238}U (period poluraspada $4,7 \cdot 10^{10}$ godina) nastaje njegov potomak ^{226}Ra (period poluraspada $1,6 \cdot 10^3$ godina). Uranijum i radijum ne predstavljaju esencijalne elemente za živa bića i njihova resorpcija iz digestivnog trakta životinja je niska. Kod odraslih preživara vrednost faktora gastrointestinalne apsorpcije za uranijum je 0,011 (od 0,01 do 0,012); kod monogastičnih životinja za rastvorljiva jedinjenja uranijuma 0,05, a za nerastvorljiva jedinjenja uranijuma 0,002; kod prasadi mlađih od dva meseca ($0,012 \pm 0,004$), dok za radijum on iznosi 0,2 [6-7]. Posle resorpcije iz digestivnog trakta oko 67% uranijuma se filtrira u bubrezima i izlučuje iz organizma urinom, dok se preostali uranijum distribuira u kosti, jetru, bubrege, testise i slezinu [8-10]. U organizmu životinja radijum se distribuira slično kao i drugi zemnoalkalni elementi (Ca, Sr i Ba) i u najvećoj meri se akumulira u kostima, dok je njegov sadržaj u mišićima uglavnom nizak [11].

Ingestija hrane i vode predstavlja najznačajniji put (80 %) unosa prirodnih i proizvedenih radionuklida u organizam ljudi i životinja [12]. Pod pojmom hrana za životinje podrazumavaju se proizvodi biljnog, životinjskog i mineralnog porekla, koji

pojedinačno ili u smešama služe za ishranu domaćih životinja, a nisu štetni po njihovo zdravlje. Pravilna ishrana životinja podrazumeva dobro izbalansirane obroke koji treba da zadovolje sve potrebe životinja za proteinima, ugljenim hidratima, mastima, vitaminima i mineralima. Proizvodnja kompletnih smeša za ishranu životinja predstavlja složen proces koji podrazumeva usitnjavanje, mlevenje, drobljenje i mešanje različitih hraniva (sirovina) u određenom odnosu, čime se dobijaju obroci za životinje u kojima svaka sirovina zadržava svoje prvobitne osobine [13]. Da bi se zadovoljile dnevne potrebe životinja za fosforom, u smeše se najčešće dodaju fosfatni mineralni aditivi, monokalcijum i dikalcijum fosfat, u količini od 0,5 % do 3 % po kilogramu hrane [14], dok se u vitaminsko-mineralne premikse dodaju u količini do 7 % [15], u zavisnosti od vrste i kategorije životinja. Prema literaturnim podacima, najznačajniji izvor ^{238}U i ^{226}Ra u obrocima za životinje predstavljaju fosfatni mineralni aditivi monokalcijum i dikalcijum fosfat u kojima sadržaj uranijuma može biti visok, i do 2100 Bq/kg [16-20]. Biljna hraniva koja se koriste u ishrani životinja imaju uglavnom nizak sadržaj prirodnih radioaktivnih elemenata, osim ^{40}K , i ne predstavljaju značajan izvor kontaminacije obroka za životinje [21-23].

Prema „Pravilniku o granicama sadržaja radionuklida u vodi za piće, životnim namirnicama, stočnoj hrani, lekovima, predmetima opšte upotrebe, građevinskom materijalu i drugoj robi koja se stavlja u promet“ [24] maksimalno dozvoljen saržaj uranijuma i radijuma u hrani za životinje određuje se izračunavanjem izvedenih koncentracija radionuklida u hrani. Potrebe životinja za hranjivim materijama, mineralima i vitaminima zavise od vrste i kategorije životinja, pa je izračunavanje izvedenih koncentracija radionuklida u hrani za životinje složen postupak koji zahteva poznavanje fizioloških i uzgojnih karakteristika domaćih životinja.

Na osnovu iznetih literaturnih podataka, a u cilju zaštite ljudi i životinja od ozračivanja i radioaktivne kontaminacije, zadatak ovog rada je da se izračunaju izvedene koncentracije ^{238}U i ^{226}Ra u fosfatnim mineralnim aditivima, vitaminsko–mineralnim premiksima, dopunskim i kompletnim smešama koje se koriste u ishrani svinja u tovu, mlečnih krava, toвне piladi i kokoši nosilja konzumnih jaja.

2. Materijal i metode

Izvedene koncentracije radionuklida u hrani (IK_h) za životinje i hrani za ljude izračunate su na osnovu [24]:

$$IK_h = \frac{GD}{e(g)_{n,ing} \cdot m} \quad (1)$$

gde je:

GD – granična vrednost efektivne doze (0,1 mSv/god),

$e(g)_{n,ing}$ (Sv/Bq) – primljena efektivna doza pri jediničnom unošenju radionuklida n ingestijom (ing), i iznosi $4,5 \cdot 10^{-8}$ Sv/Bq za ^{238}U i $2,8 \cdot 10^{-7}$ Sv/Bq za ^{226}Ra ,

m (kg) – masa hrane koju životinja, odnosno pojedinac iz stanovništva, pojede tokom života, i za njeno određivanje koriste se podaci iz knjiga, praktikuma i uputstva proizvođača hrane za životinje, kao i statistički bilteni.

3. Rezultati i diskusija

Ishrana svinja u tovu bazira se na korišćenju pretežno biljnih hraniva (kukuruz, pšenica i ječam) uz dodatak vitamina i minerala čime se obezbeđuje postizanje visokog dnevnog

prirasta, uz što manji utrošak hrane po kilogramu prirasta [25]. Tov svinja započinje posle zalučenja prasadi, u starosti od najmanje 14 dana i traje oko 180 dana kada svinje dostignu telesnu masu od 95 kg do 105 kg. Da bi se životinjama obezbedile potrebne hranjive materije u ishrani svinja u tovu koriste se fosfatni mineralni aditivi, vitaminsko–mineralni premiksi, dopunske smeše i kompletne smeše (Tabela 1).

Tabela 1. Izvedene koncentracije ^{238}U i ^{226}Ra u pojedinim vrstama hraniva za ishranu svinja u tovu, dužina tova 166 dana*.

Hranivo	Količina dnevnog unosa (%) po kg	Prosečan unos tokom perioda tova (kg)	^{238}U (Bq/kg)	^{226}Ra (Bq/kg)
Fosfatni mineralni aditivi [18-19]	1	4,9	446	72
Vitaminsko–mineralni premiks	3	15	149	24
Dopunska smeša	30	149	15	2,4
Kompletna smeša [18-19]	100	498	4,5	0,7

* računato za tov svinja od 166 dana, odbijen period zalučenja od 14 dana.

Svinje u tovu kojima se u obrok dodaje 1 % fosfatnih mineralnih aditiva, dnevno unesu 30 g monokalcijum ili dikalcijum fosfata. Da bi se obezbedilo dobijanje radijaciono higijenski ispravnog obroka za svinje, u fosfatnim mineralnim aditivima sadržaj prirodnih radionuklida ne sme biti veći od 446 Bq/kg za ^{238}U i 72 Bq/kg za ^{226}Ra (tabela 1). Time se obezbeđuje da u vitaminsko–mineralnim premiksima, dopunskim smešama i kompletnim smešama, koje sadrže mineralne fosfatne aditive, sadržaj ^{238}U i ^{226}Ra (Bq/kg) bude ispod izračunatih izvedenih koncentracija u hrani. U vitaminsko-mineralnim premiksima, koji se u zavisnosti od starosti i težine životinje, svinjama u tovu dodaju u količini od 1 % do 3 % po kilogramu hrane, izvedene koncentracije prirodnih radionuklida su 149 Bq/kg za ^{238}U i 24 Bq/kg za ^{226}Ra . Dopunske smeše pored vitamina, minerala, fosfatnih mineralnih aditiva, sadrže i amino kiseline, enzime i druge aditive koji utiču na ukus i svarljivost hrane. Koriste se za pripremu kompletnih smeša, prosečno u količini od 30 % po kilogramu smeše i ne bi trebalo da sadrže više od 15 Bq/kg ^{238}U i 2,4 Bq/kg ^{226}Ra (tabela 1). U kompletnim smešama za ishranu svinja u tovu, u trajanju od 166 dana, izvedene koncentracije radionuklida su 4,5 Bq/kg za ^{238}U i 0,7 Bq/kg za ^{226}Ra .

Ishrana mlečnih krava [26] podrazumeva optimalno zadovoljavanje potreba životinja za održavanjem života i proizvodnju mleka. U intenzivnoj proizvodnji kravama se pored osnovnog obroka, koji se sastoji od kabaste hrane (seno, paša i drugo), dodaju i koncentrovana hraniva kao dopunski obrok u količini od maksimalno 12 kg [20]. Međusobni odnos kabastih i koncentrovanih hraniva zavisi od mlečnosti životinje i sastava osnovnog obroka. U tabeli 2 prikazane su izvedene koncentracije ^{238}U i ^{226}Ra (Bq/kg) u fosfatnim mineralnim aditivima, dopunskim smešama i kompletnim smešama za ishranu mlečnih krava koje prosečno daju 7060 l mleka sa 3,6 % mlečne masti tokom 305 dana laktacije.

Tabela 2. Izvedene koncentracije ^{238}U i ^{226}Ra u pojedinim vrstama hraniva za ishranu mlečnih krava, dužina laktacije 305 dana*.

Hranivo	Prosečan unos tokom perioda tova (kg)	^{238}U (Bq/kg)	^{226}Ra (Bq/kg)
Fosfatni mineralni aditivi	9,2	243	39
Dopunska smeša	76,3	29,1	4,7
Kompletna smeša	2074	1,1	0,2

* računato za kravu u laktaciji koja dnevno daje 23 l mleka, sastav osnovnog obroka: livadsko seno 5 kg, silaža kukuruza 25 kg; dopunski obrok: kompletna smeša u količini od 6,8 kg.

Mineralno fosfatni aditivi, koji se životinjama dodaju u hranu prosečno u količini od 30 g dnevno, i dopunska smeša koja se dodaje prosečno u količini od 250 g dnevno, muznim krava daju se umešani u hranu ili posipanjem preko hrane. Dopunske smeše se mogu dodavati i u kompletne smeše tako što se mešaju sa žitaricama. Kompletne smeše se mlečnim kravama daju u kombinaciji sa kabastim delom obroka, u količini koja varirau zavisnosti od potreba životinja. Da bi se obezbedilo dobijanje radijaciono higijenski bezbednih obroka za mlečne krave treba koristiti fosfatne mineralne aditive u kojima sadržaj prirodnih radionuklida nije veći od 243 Bq/kg za ^{238}U i 39 Bq/kg za ^{226}Ra . Time se obezbeđuje dobijanje dopunskih i potpunih smeša u kojima je sadržaj prirodnih radionuklida ispod izvedenih koncentracija u hrani za mlečne krave (29,1 Bq/kg za ^{238}U i 4,7 Bq/kg za ^{226}Ra u dopunskim smešama i u potpunim smešama za ishranu krava u laktaciji 1,1 Bq/kg za ^{238}U i 0,2 Bq/kg za ^{226}Ra) (tabela 2). Izvedene koncentracije prirodnih radionuklida ^{238}U i ^{226}Ra (Bq/kg) u hrani za živinu prikazane su u tabeli 3 (pilići u tovu) i tabeli 4 (kokoši nosilje konzumnih jaja). Tov mladih pilića, tzv. brojlerski tov, obično traje 42 dana, do postizanja telesne mase od 2500 g do 2700 g [27]. Tokom perioda tova životinje prosečno pojedu 3,7 kg hrane [23]. U ishrani tovnih pilića koriste se fosfatni mineralni aditivi, vitaminsko–mineralni premiksi, dopunske smeše i kompletne smeše (tabela 3) [28].

Tabela 3. Izvedene koncentracije ^{238}U i ^{226}Ra u pojedinim vrstama hraniva za ishranu pilića u tovu, dužina tova 42 dana.

Hranivo	Količina dnevno unosa (%) po kg	Prosečan unos tokom perioda tova (kg)	^{238}U (Bq/kg)	^{226}Ra (Bq/kg)
Fosfatni mineralni aditivi	1	0,04	58789	9448
Vitaminsko–mineralni premiks	3	0,1	19596	3149
Dopunska smeša	35	1,3	1680	270
Kompletna smeša	100	3,7	588	95

Fosfatni mineralni aditivi, monokalcijum i dikalcijum fosfat, pilićima u tovu se dodaju u količini od 1 % po kilogramu hrane, životinje prosečno pojedu 0,0009 kg dnevno. Dopunske smeše pored proteina, sadrže mineralne elemente i druge dodatke, koriste se tako što se mešaju sa kukuruzom, ječmom i drugim žitaricama (u količini od oko 35 %

po kg hrane). Zbog male količine dnevnog unosa hrane (prosečno 0,09 kg dnevno) i kratkog perioda života (42 dana) za pripremu radijaciono higijenski ispravnih vitaminsko–mineralnih predmeša, dopunskih i kompletnih smeša za ishranu pilića u tovu mogu se koristiti monokalcijum i dikalcijum fosfat sa veoma visokim sadržajem prirodnih radionuklida (58789 Bq/kg za ^{238}U i 9448 Bq/kg za ^{226}Ra) (tabela 3).

Ishrana kokoši nosilja konzumnih jaja u intenzivnom uzgoju podrazumeva zadovoljenje nutritivnih potreba životinja u periodu od 18 nedelje do 52 nedelje života (ponekad i duže). Tokom perioda nošenja jaja od 238 dana, kokoš pojede oko 24 kg hrane, prosečno 0,1 kg hrane dnevno [15]. U ishrani kokoši nosilja konzumnih jaja koriste se fosfatni mineralni aditivi (1,2 %), vitaminsko–mineralni premiksi (do 3 %), dopunske smeše (oko 35 %) i kompletne smeše (tabela 4) [14].

Tabela 4. Izvedene koncentracije ^{238}U i ^{226}Ra u pojedinim vrstama hraniva za ishranu kokoši nosilja konzumnih jaja, dužina nosivosti jaja 238 dana.

Hranivo	Količina dnevnog unosa (%) po kg	Prosečan unos tokom perioda tova (kg)	^{238}U (Bq/kg)	^{226}Ra (Bq/kg)
Fosfatni mineralni aditivi	1,2	0,3	7780	1250
Vitaminsko–mineralni premiks	3	0,7	3112	500
Dopunska smeša	35	8,3	267	43
Kompletna smeša	100	24	93	15

Da bi se dobile radijaciono higijenski ispravne kompletne smeše, za ishranu kokoši nosilja, u kojima sadržaj radionuklida nije veći od 93 Bq/kg za ^{238}U i 15 Bq/kg za ^{226}Ra , mogu se koristiti fosfatni mineralni aditivi u kojima je maksimalno dozvoljen sadržaj ^{238}U 7780 Bq/kg i ^{226}Ra 1250 Bq/kg (tabela 4). Na osnovu rezultata prikazanih u tabelama 3 i 4 zapaža se da se u ishrani živine, zbog male količine dnevnog unosa hrane, mogu koristiti fosfatni mineralni aditivi koji sadrže veoma visoke specifične aktivnosti ^{238}U i ^{226}Ra , dok upotreba ovih fosfatnih mineralnih aditiva nije radijaciono higijenski bezbedna za ishranu svinja u tovu i mlečnih krava.

Savremeni naučni pristup određivanja maksimalno dozvoljenog sadržaja radionuklida u hrani za životinje podrazumeva primenu koeficijenta prelaza (transfer faktor), koji se definiše kao „udeo dnevnog unosa radionuklida koji pređe u 1 kg životinjskog proizvoda, u uslovima ravnotežnog dnevnog unošenja radionuklida hranom“ [6] (tabela 5).

Tabela 5. Koeficijenti prelaza (d/l ili d/kg) uranijuma i radijuma za pojedine proizvode životinjskog porekla [6].

Proizvod životinjskog porekla	Uranijum			Radijum		
	srednja vrednost	min	max	srednja vrednost	min	max
Kravlje mleko	$1,8 \cdot 10^{-3}$	$5,0 \cdot 10^{-4}$	$6,1 \cdot 10^{-3}$	$3,8 \cdot 10^{-4}$	$9,0 \cdot 10^{-5}$	$1,4 \cdot 10^{-3}$
Kozje mleko	$1,4 \cdot 10^{-3}$	-	-	-	-	-
Juneće meso	$3,9 \cdot 10^{-4}$	$2,5 \cdot 10^{-4}$	$6,3 \cdot 10^{-4}$	$1,7 \cdot 10^{-3}$	-	-
Svinjsko meso	$4,4 \cdot 10^{-2}$	$2,6 \cdot 10^{-2}$	$6,2 \cdot 10^{-2}$	-	-	-
Živinsko meso	$7,5 \cdot 10^{-1}$	$3,0 \cdot 10^{-1}$	1,2	-	-	-

Tako na primer, ukoliko bi se u ishrani životinja koristili fosfatni mineralni aditivi u kojima specifična aktivnost ^{238}U iznosi 1600 Bq/kg, a ^{226}Ra iznosi 1000 Bq/kg, krave muzare i svinje u tovu bi dnevno unosile 48 Bq/kg ^{238}U i 30 Bq/kg ^{226}Ra , a pilići u tovu oko 1,6 Bq/kg ^{238}U i 1 Bq/kg ^{226}Ra . Primenom koeficijenata prelaza (tabela 5) može se odrediti očekivana specifična aktivnost radionuklida u proizvodima životinjskog porekla (tabela 6).

Tabela 6. Očekivana specifična aktivnost ^{238}U i ^{226}Ra u kravljem mleku, svinjskom i pilećem mesu.

Proizvod	^{238}U (Bq/kg, Bq/l)			^{226}Ra (Bq/kg, Bq/l)		
	srednja vrednost	minimum	maksimum	srednja vrednost	minimum	maksimum
Kravlje mleko	0,09	0,02	0,3	0,01	0,003	0,04
Svinjsko meso	2,1	1,2	3,0	-	-	-
Pileće meso	1,2	0,5	1,9	-	-	-

Na osnovu podataka iznetih u tabeli 6 zapaža se da se ishranom životinja fosfatnim mineralnim aditivi u kojima je sadržaj ^{238}U 1600 Bq/kg i ^{226}Ra 1000 Bq/kg, dobijaju proizvodi životinjskog porekla u kojima je sadržaj ^{238}U i ^{226}Ra ispod izvedenih koncentracija radionuklida u hrani za ljude (tabela 7).

Tabela 7. Izvedene koncentracije ^{238}U i ^{226}Ra u pojedinim proizvodima životinjskog porekla.

Proizvod	Prosečna godišnja potrošnja (kg, l) [29]	^{238}U (Bq/kg, Bq/l)	^{226}Ra (Bq/kg, Bq/l)
Mleko, sir i drugi mlečni proizvodi	228	9,7	1,6
Svinjsko meso	49,6	44,8	7,2
Pileće meso	50,2	44,3	7,1

Dobijeni rezultati ukazuju da maksimalno dozvoljeni sadržaj ^{238}U i ^{226}Ra u fosfatnim mineralnim aditivima za ishranu životinja može biti jednak granicama sadržaja radionuklida u mineralnim fosfatnim đubrivima (^{238}U 1600 Bq/kg i ^{226}Ra 1000 Bq/kg), čime se može obezbediti dobijanje radijaciono higijenski bezbedne hrane za životinje i namirnice životinjskog porekla.

4. Zaključak

Da bi se obezbedilo dobijanje radijaciono higijenski ispravne hrane za ishranu domaćih životinja potrebna je sprovesti redovnu kontrolu fosfatnih mineralnih aditiva, monokalcijum fosfata i dikalcijum fosfata, iz uvoza i domaće proizvodnje.

Zbog male količine dnevnog unosa hrane (prosečno 90 g dnevno za tovne piliće i 100 g dnevno za kokoši nosilje konzumnih jaja) izvedene koncentracije ^{238}U i ^{226}Ra u fosfatnim mineralnim aditivima za ishranu živine su veoma visoke, u poređenju sa izvedenim koncentracijama ^{238}U i ^{226}Ra u fosfatnim mineralnim aditivima koji se koriste za ishranu svinja u tovu i ishranu muznih krava.

Na osnovu prikazanih rezultata može se zaključiti da u monokalcijum i dikalcijum

fosfatu koji se koriste u ishrani životinja maksimalno dozvoljen sadržaj ^{238}U i ^{226}Ra treba da bude jednak izvedenim koncentracijama radionuklida u mineralnim fosfatnim aditivima za mlečne krave (243 Bq/kg za ^{238}U i 39 Bq/kg za ^{226}Ra). Pored toga, potrebno je razmotriti donošenje novih zakonskih propisa kojima bi maksimalno dozvoljeni sadržaj ^{238}U i ^{226}Ra u fosfatnim mineralnim aditivima za ishranu životinja trebao da bude jednak granicama sadržaja radionuklida u mineralnim fosfatnim đubrivima (^{238}U 1600 Bq/kg i ^{226}Ra 1000 Bq/kg).

5. Zahvalnica

Rad je podržan sredstvima Ministarstva prosvete, nauke i tehnološkog razvoja Republike Srbije (Ugovor broj 451-03-9/2021-14/200143).

6. Literatura:

- [1] UNSCEAR. Sources and Effects of Ionizing Radiation. Volume I. 2008.
- [2] Nenadović, S., Nenadović, M., Kljajević, L., Vukanac, I., Poznanović, M., Mihajlović-Radosavljević, A., Pavlović, V. Vertical distribution of natural radionuclides in soil: Assessment of external exposure of population in cultivated and undisturbed areas. *Sci. Total Environ.* 429, 2012, 309–316.
- [3] Laubenstein, M., Plastino, W., Povinec, P.P., Fabbri, V., Aprili, P., Balata, M., Bella, F., Cardarelli, A., De Deo, M., Gallese, B., Ioannucci, L., Nisi, S., Antonecchia, D., Del Pinto, C., Giarrusso, G. Radionuclide mapping of the Molise region (Central Italy) via gamma-ray spectrometry of soil samples: Relationship with geological and pedological parameters. *J. Radioanal. Nucl. Chem.* 298, 2013, 317–323.
- [4] Štok, M., and Smodiš, B. Soil-to-plant transfer factors for natural radionuclides in grass in the vicinity of a former uranium mine. *Nucl. Eng. Des.* 261, 2013, 279–284.
- [5] Dragović, S., Janković-Mandić, L., Dragović, R., Dordević, M., Dokić, M., Kovačević, J. Lithogenic radionuclides in surface soils of Serbia: Spatial distribution and relation to geological formations. *J. Geochemical Explor.* 142, 2014, 4–10.
- [6] IAEA. Handbook of Parameter Values for the Prediction of Radionuclide Transfer in Terrestrial and Freshwater Environments. No. 472. Vienna, 2010.
- [7] Fesenko, S., Isamov, N., Howard, B.J., Voigt, G., Beresford, N.A., Sanzharova, N. Review of Russian language studies on radionuclide behaviour in agricultural animals: part 1. Gut absorption. *J. Environ. Radioact.* 98, 2007, 85–103.
- [8] Gilman, A.P., Villeneuve, D.C., Secours, V.E., Yagminas, A.P., Tracy, B.L., Quinn, J.M., Valli, V.E., Moss, M.A. Uranyl nitrate: 91-day toxicity studies in the New Zealand white rabbit. *Toxicol. Sci.* 41, 1998, 129–137.
- [9] ATSDR. Toxicological Profile for Uranium. U.S. Department of Health and Human Services, 2013.
- [10] Mitrović, B., Vitorović, G., Jovanović, M., Lazarević-Macanović, M., Andrić, V., Stojanović, M., Daković, A., Vitorović, D. Uranium distribution in broiler organs and possibilities for protection. *Radiat. Environ. Biophys.* 53, 2014, 151–157.
- [11] IAEA. Behaviour of Radium: Revised Edition. *Environ. Behav. radium* 476, 2014, 267.
- [12] UNSCEAR. Sources and Effects of Ionizing Radiations. Report to General Assembly with Scientific Annexes, United Nations, New York, 2000.

- [13] Grubić, G., Đorđević, N. Concentrates in dairy cows nutrition. XI International feed technology symposium "Quality Assurance. Vrnjačka Banja, May 30th – June 3rd, 2005, 233-241.
- [14] Ševković, N., Pribičević, S., Rajić, I. Ishrana domaćih životinja, Beograd, Jugoslavija, Naučna knjiga, 1991.
- [15] Veterinarski zavod Subotica. Hrana za živinu.
http://www.victoriagroup.rs/sites/default/files/katalozi/hrana_za_zivinu.pdf
- [16] Arruda-Neto, J.D.T., Tavares, M.V., Filadelfo, M. Concentrations of uranium in animal feed supplements: measurements and dose estimates. *J. Radioanal. Nucl. Chem.* 221, 1997, 97–104.
- [17] Casacuberta, N., Masqué, P., Garcia-Orellana, J., Bruach, J.M., Anguita, M., Gasa, J., Villa, M., Hurtado, S., Garcia-Tenorio, R., 2009. Radioactivity contents in dicalcium phosphate and the potential radiological risk to human populations. *J. Hazard. Materials.* 170, 2009, 814–823.
- [18] Vranješ, B., Mitrović, B., Andrić, V., Ajtić, J., Vranješ, M. Radioactivity in Monocalcium Phosphate and Complete Feed Mixtures for Pigs. *RAD Conf. Proc.*, 2017, 2, 121–125.
- [19] Vranješ, B., Milićević, D., Šefer, D., Stefanović, S., Ajtić, J., Mitrović, B.M. Presence of natural radionuclides and toxic elements in monocalcium phosphate, complete feed and pig manure. *Sci. Total Environ.* 720, 2020, 137578.
- [20] Luz Filho, I.V. da, Scheibel, V., and Appoloni, C.R. ^{40}K , ^{226}Ra and ^{228}Ra series in bovine and poultry feed and in dicalcium phosphate (DCP) samples by gamma-ray spectrometry. *Brazilian Arch. Biol. Technol.* 59, 2016, 1–9.
- [21] WHO, Uranium in Drinking Water. Background Document for development of WHO guidelines for Drinking Water Quality. WHO/SDE/03.04/118, 2005.
- [22] Vitorović, G., Grdović, S., Mitrović, B., Obradović, M., Petrujkić, B. (2009) Radioecological investigation of food of animal origin in Belgrade environment. *Jpn. J. Vet. Res.* 57, 2009, 169–173.
- [23] Changizi, V., Shafiei, E., Zareh, M.R. Measurement of ^{226}Ra , ^{232}Th , ^{137}Cs and ^{40}K activities of wheat and corn products in Ilam province - Iran and resultant annual ingestion radiation dose. *Iran. J. Public Health* 42, 2013, 903–914.
- [24] Službeni glasnik RS, 36/2018. Pravilnik o granicama sadržaja radionuklida u vodi za piće, životnim namirnicama, stočnoj hrani, lekovima, predmetima opšte upotrebe, građevinskom materijalu i drugoj robi koja se stavlja u promet.
- [25] Kovčičin, S., Živković, B., Stanačević, V. Aktuelni problemi u ishrani svinja. *Veterinarski glasnik* 56, 2002, 53-61.
- [26] Stojanović, B., Grubić, G. Ishrana preživara – praktikum. Beograd. 2008.
- [27] <https://www.zivinarstvo.com/proizvodnja-mesa/tov-brojlera/>
- [28] <https://hranaprodukt.com/prodavnica/hranamiks-pt-2-1-vitaminsko-mineralni-premiks-za-brojlere/>
- [29] Republički zavod za statistiku. Bilten. Anketa o potrošnji domaćinstva, 2019. Beograd, 2020, <https://publikacije.stat.gov.rs/G2020/Pdf/G20205662.pdf>

MAXIMUM PERMISSIBLE CONCENTRATION OF ^{238}U AND ^{226}Ra IN FEED

Branislava MITROVIĆ

*Faculty of veterinary medicine, Univeristiy of Belgrade, Belgrade, Serbia,
slavatab@vet.bg.ac.rs*

ABSTRACT

Phosphate mineral additives, monocalcium and dicalcium phosphate, have a high content of ^{238}U and ^{226}Ra , and can thus be the main source of feed contamination. In animal nutrition, monocalcium and dicalcium phosphate are used as a source of inorganic phosphorus. The results presented in this paper indicate that the maximum permissible concentration of ^{238}U and ^{226}Ra in monocalcium and dicalcium phosphate should be equal to the maximum permissible concentrations of radionuclides in mineral phosphate additives used in the diet of dairy cows (243 Bq/kg for ^{238}U and 39 Bq/kg for ^{226}Ra). It is also necessary to consider the adoption of new legislation whereby the maximum allowable content of ^{238}U and ^{226}Ra in phosphate mineral additives for animal nutrition.