

**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.

RADIOAKTIVNOST MLEKA I MLEČNIH PROIZVODA U SRBIJI U PERIODU 2015 - 2016. GODINE

Suzana BOGOJEVIĆ, Irena TANASKOVIĆ, Jovana ILIĆ i Vesna ARSIĆ

Institut za medicinu rada Srbije "Dr Dragomir Karajović", Beograd, Srbija,

suzanabogojevic13@gmail.com, suzana.bogojevic@institutkarajovic.rs

SADRŽAJ

U radu su prikazani rezultati ispitivanja sadržaja radionuklida u mleku i mlečnim proizvodima u sedam gradova u Srbiji u 2015. i 2016. godini. Merenja su vršena u okviru monitoringa radioaktivnosti životnih namirnica na teritoriji Republike Srbije u regionima Beograda, Niša, Subotice, Zaječara, Užica, Novog Sada i Vranja. Gama-spektrometrijskom metodom su određene koncentracije ^{40}K , ^{137}Cs i ^7Be . Sadržaj ^{90}Sr određen je metodom merenja ukupne beta aktivnosti pomoću proporcionalnog niskofonskog gasnog brojača posle radiohemijske separacije ^{90}Sr . Rezultati pokazuju niske nivoe specifičnih aktivnosti veštačkih radionuklida ^{137}Cs i ^{90}Sr u uzorcima mleka i mlečnih proizvoda i uglavnom su na nivou vrednosti $<0,1$ Bq/kg. Koncentracije prirodnog ^{40}K i kosmogenog ^7Be su u granicama uobičajenih vrednosti za ovu vrstu uzoraka.

1. UVOD

U okviru monitoringa radioaktivnosti životne sredine u Republici Srbiji, vrši se i sistematsko ispitivanje koncentracije radionuklida u životnim namirnicama. Laboratorija za ispitivanje radioaktivnosti, Instituta za medicinu rada Srbije "Dr Dragomir Karajović", već preko pedeset godina, bavi se određivanjem sadržaja radionuklida u uzorcima iz životne sredine, između ostalog i u ljudskoj hrani. Rezultati dugogodišnjih merenja ukazuju na prisustvo veštačkih radionuklida ^{137}Cs i ^{90}Sr , koji su, kao posledica nuklearnih akcidenata (prvenstveno černobiljskog akcidenta 1986) ili nuklearnih proba, dospeli u atmosferu naše zemlje i zatim putem padavina komtaminirali površinski sloj zemljišta i biljni pokrivač i ušli u lanac ishrane. Kako cezijum ima slično hemijsko ponašanje kao kalijum, a stroncijum kao kalcijum, radioaktivni izotopi ovih elemenata, unešeni u organizam, predstavljaju veliku opasnost po zdravlje. Cezijum zauzima mesto kalijuma u krvnim ćelijama koje ga prenose do tkiva, a najveći deo se deponuje u mišićnim ćelijama. Sa druge strane, stroncijum se deponuje u kostima zamenjujuci jone kalcijuma. Kako mleko, kao jedna od najznačajnijih namirnica, naročito u ishrani dece, sadrži kalijum i kalcijum, ova namirnica predstavlja osetljiv pokazatelj za prisustvo radioaktivnih izotopa Cs i Sr u životnoj sredini.

2. METODA

Programom monitoringa obuhvaćeno je sedam gradova: Beograd, Niš, Subotica, Zaječar, Užice, Novi Sad i Vranje [1]. Uzorkovanje namirnica se vrši dva puta godišnje u proleće i u jesen, dok se mleko uzorkuje svakodnevno, a mere se kompozitni mesečni uzorci.

Koncentracije ^{137}Cs , ^{40}K i ^7Be određuju se spektrometrijom gama emitera pomoću HPGe detektora relativne efikasnosti 25% i 40%, firme ORTEC[2]. Za određivanje sadržaja ^{90}Sr neophodna je radihemijska separacija koja se zasniva na oksalatnom

izdvajanju Ca i Sr, žarenju do oksida i korišćenju aluminijuma kao povlačivača za ^{90}Y [3]. Ravnoteža se uspostavlja posle 18 dana, nakon čega se ^{90}Y izdvaja na povlačivaču $\text{Al}(\text{OH})_3$, koji se zatim žari do oksida. Ovako pripremljen uzorak se prenosi na planšete prečnika 5 cm. Sadržaj ^{90}Sr određuje se merenjem ukupne beta aktivnosti na automatskom, niskofonskom, proporcionalnom brojaču PIC-WPC-9550 proizvođača Protean Instrument Corporation. Efikasnost brojača za beta zračenje iznosi 42 %.

3. REZULTATI I DISKUSIJA

Srednje godišnje vrednosti koncentracija ^{137}Cs , ^{40}K , ^7Be i ^{90}Sr u uzorcima mleka i mlečnih proizvoda u periodu 2015-2016. godine, sa ispitivanih lokacija, prikazane su u tabelama 1 i 2, respektivno [4,5].

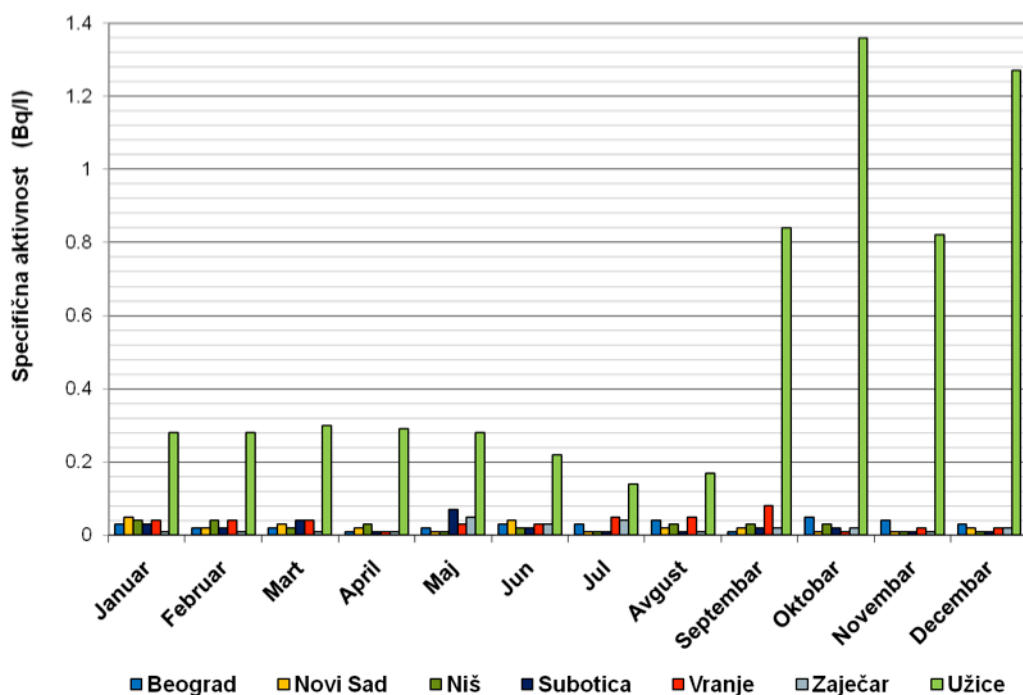
Tabela 1. Srednje godišnje vrednosti specifičnih aktivnosti radionuklida u uzorcima mleka u 2015. i 2016. godini

Lokacija	Godina	^{137}Cs	^{90}Sr	^{40}K	^7Be
		[Bq/l]	[Bq/l]	[Bq/l]	[Bq/l]
		sr.vred.±st.dev.	sr.vred.±st.dev.	sr.vred.±st.dev.	MDA
Beograd	2015	<0,03*	0,039 ± 0,031	35,67 ± 7,05	<0,12
	2016	<0,02	0,045 ± 0,035	31,44 ± 5,78	<0,16
Zaječar	2015	<0,02	0,031 ± 0,010	38,08 ± 7,19	<0,28
	2016	<0,03	0,057 ± 0,050	39,53 ± 8,96	<0,20
Niš	2015	<0,02	0,029 ± 0,013	42,00 ± 8,45	<0,27
	2016	<0,02	0,047 ± 0,037	40,38 ± 4,98	<0,23
Novi Sad	2015	<0,02	0,029 ± 0,014	38,08 ± 6,47	<0,19
	2016	<0,03	0,034 ± 0,021	34,68 ± 5,68	<0,22
Subotica	2015	<0,02	0,022 ± 0,011	35,42 ± 4,66	<0,20
	2016	<0,02	0,019 ± 0,008	34,58 ± 7,63	<0,18
Vranje	2015	<0,04	0,033 ± 0,021	34,83 ± 4,67	<0,18
	2016	<0,03	0,040 ± 0,012	37,39 ± 2,66	<0,25
Užice	2015	0,52 ± 0,44	0,078 ± 0,023	36,50 ± 4,12	<0,24
	2016	0,32 ± 0,28	0,103 ± 0,062	36,82 ± 4,67	<0,26
SRBIJA	2015	0,10 ± 0,19	0,037 ± 0,019	37,23 ± 2,46	<0,21
	2016	0,07 ± 0,11	0,049 ± 0,026	36,40 ± 3,10	<0,21

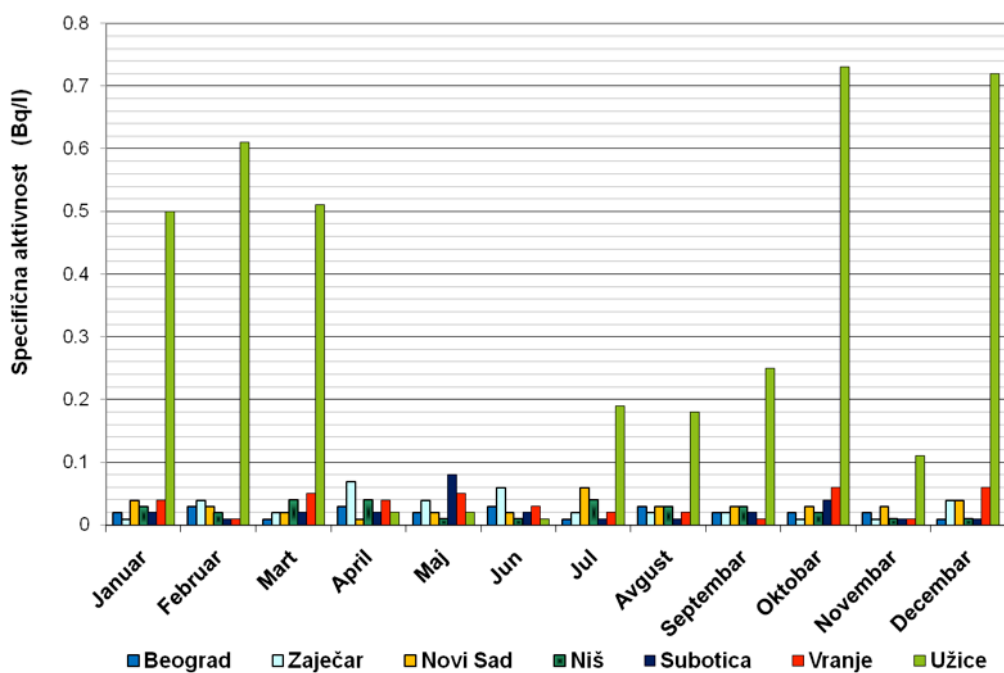
*MDA- minimalna detektabilna aktivnost.

Rezultati pokazuju da su koncentracije ^7Be u svim uzorcima bile ispod minimalne detektabilne aktivnosti (MDA). Srednje godišnje Koncentracije ^{40}K u mleku su se kretale u opsegu (31-42) Bq/l, a u mlečnim proizvodima u opsegu (21-44) Bq/kg. Koncentracije ^{137}Cs su u mleku, u toku 2015. i 2016. godine, u svim gradovima osim Užica (gde je jedino bilo moguće prikazati srednju godišnju vrednost specifične aktivnosti sa standardnom devijacijom - tabela 1), bile ispod minimalne detektabilne aktivnosti što je prikazano na slikama 1 i 2. Maksimalna vrednost specifične aktivnosti

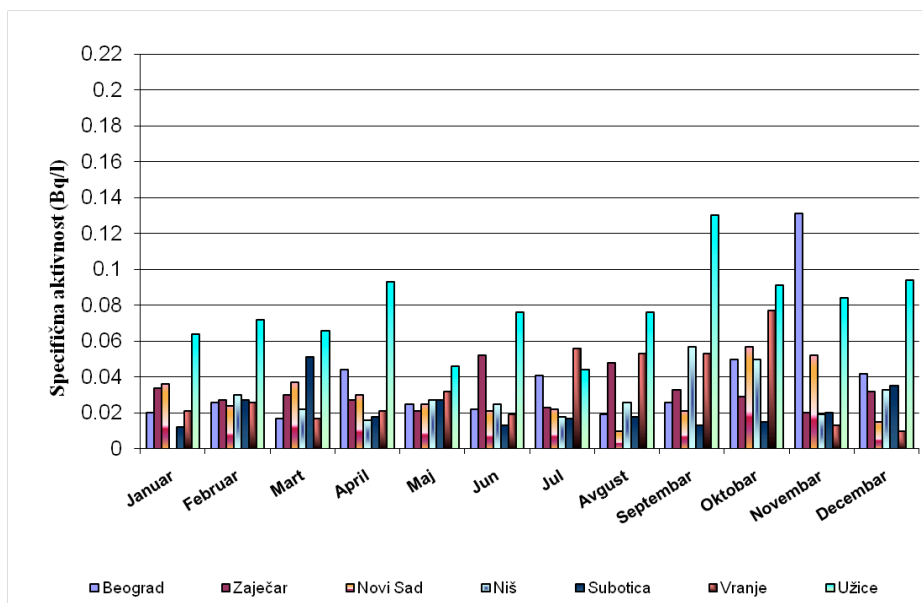
^{137}Cs u mleku od 1.36 Bq/l, izmerena u Užicu u oktobru 2015, u 2016 godini takođe u oktobru, izmerena je maksimalna vrednost od 0,73Bq/l (slike 1 i 2). U mlečnim proizvodima, koncentracije ^{137}Cs su u svim uzorcima bile ispod MDA.



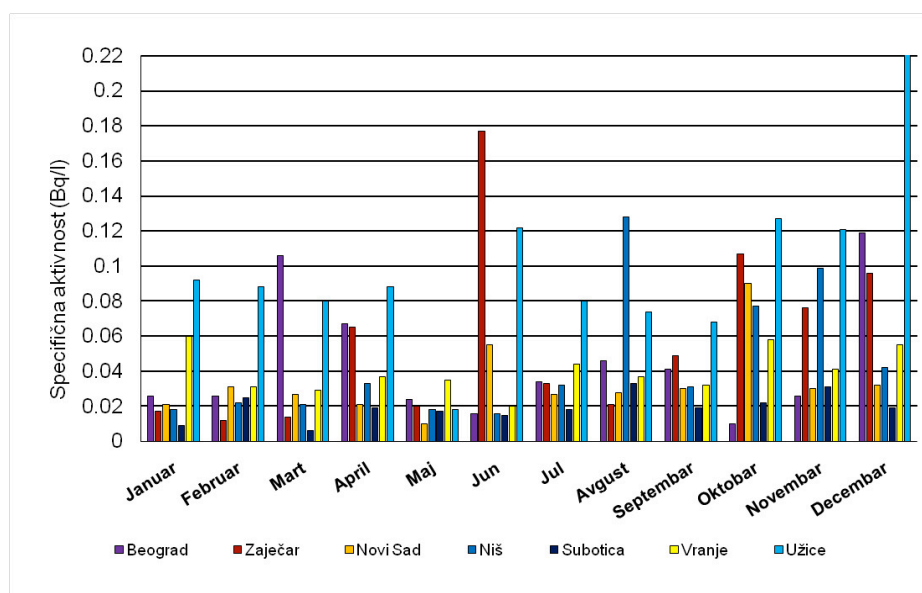
Slika 1. Specifična aktivnost ^{137}Cs u mleku u toku 2015. godine



Slika 2. Specifična aktivnost ^{137}Cs u mleku u toku 2016. godine



Slika 3. Specifična aktivnost ⁹⁰Sr u mleku u toku 2015. godine



Slika 4. Specifična aktivnost ⁹⁰Sr u mleku u toku 2016. godine

Aktivnost ⁹⁰Sr u mleku u toku 2015. godine, kretala se u opsegu (0,01- 0,13) Bq/l, maksimalne vrednosti od 0,13 Bq/l izmerene su u oktobru u Užicu i novembru u Beogradu (slika 3). U 2016 godini vrednosti aktivnosti ⁹⁰Sr kretale su se u opsegu (0,01- 0,13) Bq/l, najveće vrednosti izmerene su u junu u Zaječaru (0,18 Bq/l) i u decembru u Užicu (0,28 Bq/l) što je prikazano na slici 4.

U tabeli 2 prikazane su srednje godišnje vrednosti specifičnih aktivnosti ¹³⁷Cs, ⁴⁰K, ⁷Be i ⁹⁰Sr u mlečnim proizvodima. Sa obzirom da se uzorkovanje mlečnih proizvoda vrši dva puta godišnje, nema smisla prikazivati standardnu devijaciju za specifične aktivnosti radionuklida sa pojedinačnih lokacija (gradova), tako da su standardne devijacije prikazane samo za Srbiju. U mlečnim proizvodima u periodu 2015-2016. godine, srednja godišnja koncentracija ⁹⁰Sr kretala se u opsegu (0,04 – 0,24) Bq/kg (tabela 2).

Maksimalna vrednost u 2015. godini od 0,29 Bq/kg izmerena je u jesenjem uzorku iz Beograda i u prolećnom uzorku iz Subotice. U 2016 godini maksimalna vrednost aktivnosti ^{90}Sr od 0,40 Bq/kg, izmerena je u beogradskom jesenjem uzorku.

Blago povećane vrednosti specifičnih aktivnosti ^{137}Cs i ^{90}Sr u mleku u Užicu u odnosu na ostale gradove posledica su obilnih padavina u vreme černobiljskog akcidenta koje su prouzrokovale najveći nivo kontaminacije u Srbiji u oblasti Zlatibora, Ovčar Banje i Užičke Požege [6]. Sa obzirom na vremena poluraspada ovih radionuklida, ^{137}Cs - $T_{1/2}=30,05\text{god.}$ i ^{90}Sr - $T_{1/2}=28,8\text{god.}$, černobiljski folaut je doveo do slabog povećanja koncentracije ovih izotopa u Zlatiborskom području, koje je još uvek merljivo.

Tabela 2. Srednje godišnje vrednosti specifičnih aktivnosti radionuklida u uzorcima mlečnih proizvoda u 2015. i 2016. godini

Lokacija	Godina	^{137}Cs	^{90}Sr	^{40}K	^7Be
		[Bq/kg] MDA	[Bq/kg] sr.vred.±st.dev	[Bq/kg] sr.vred.±st.dev	[Bq/kg] MDA
Beograd	2015	<0,05	0,216	35,5	<0,54
	2016	<0,03	0,249	44,5	<0,34
Zaječar	2015	<0,13	0,167	21,5	<0,38
	2016	<0,04	0,044	29,5	<1,90
Niš	2015	<0,05	0,049	24,5	<0,35
	2016	<0,05	0,108	36,5	<0,32
Novi Sad	2015	<0,06	0,182	34,5	<0,54
	2016	<0,09	0,179	24,5	<0,44
Subotica	2015	<0,09	0,188	37,5	<0,26
	2016	<0,06	0,154	33,0	<0,73
Vranje	2015	<0,09	0,095	27,5	<0,64
	2016	<0,07	0,171	24,0	<0,51
Užice	2015	<0,11	0,129	39,5	<0,39
	2016	<0,05	0,204	36,0	<,87
SRBIJA	2015	<0,08	0,146 ± 0,059	31,5 ± 7,0	<0,44
	2016	<0,05	0,158 ± 0,067	32,6 ± 7,3	<0,73

4. ZAKLJUČAK

Rezultati merenja koncentracija ^{137}Cs , ^{40}K , ^7Be i ^{90}Sr u uzorcima mleka i mlečnih proizvoda u Beogradu, Nišu, Subotici, Zaječaru, Užicu, Novom Sadu i Vranju, u periodu 2015-2016. godine, pokazali su da vrednosti aktivnosti ovih radionuklida ulaze u dugogodišnji proseka za Srbiju, odnosno da nema povećane kontaminacije. Vrednosti specifičnih aktivnosti veštačkih radionuklida, ^{137}Cs i ^{90}Sr su daleko ispod granice sadržaja ^{137}Cs od 15 Bq/l [7] i izvedene koncentracije ^{90}Sr od 64 Bq/l umleku i mlečnim proizvodima [4].

5. ZAHVALNICA

Ovaj rad je realizovan u okviru Programa monitoringa radioaktivnosti životne sredine u Republici Srbiji - Ispitivanje sadržaja radionuklida u mleku, životnim namirnicama i stočnoj hrani, pod pokroviteljstvom Agencije za zaštitu od jonizujućih zračenja i nuklearnu sigurnost Srbije. Svi autori su učestvovali u organizaciji uzorkovanja i pripremi uzoraka; merenju i tumačenju rezultata. Rad je napisala dr Suzana Bogojević u saradnji sa ostalim autorima.

6. LITERATURA

- [1] Pravilnik o utvrđivanju programa sistematskog ispitivanja radioaktivnosti u životnoj sredini, Sl. gl. RS 100/2010
- [2] Measurement of radionuclides in food and the environment, A Guidebook, Technical Report Series No. 295, 1989. IAEA, Vienna.
- [3] R. Brnović. Stroncijum 90 u životnoj sredini čoveka, Magistarski rad, 1972. Beograd.
- [4] Agencija za zaštitu od jonizujućih zračenja i nuklearnu sigurnost Srbije, Izveštaj o izlaganju stanovništva jonizujućem zračenju u 2015 god., Beograd, 2016. god., www.srbatom.gov.rs
- [5] Institut za medicinu rada Srbije "Dr Dragomir Karajović" Ispitivanje radionuklida u mleku, životnim namirnicama i stočnoj hrani u Srbiji. Izveštaj za 2016 godinu., Beograd, mart 2017. god.
- [6] Savezni sekretarijat za rad, zdravstvo, boračka pitanja i socijalnu zaštitu. Radioaktivnost životne sredine u Jugoslaviji, podaci za 1987. i 1988. godinu. SFRJ, Beograd, 1990.
- [7] 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, Sl. gl. RS Br. 86/2011 i 97/2013.

RADIOACTIVITY OF MILK AND DAIRY PRODUCTS IN SERBIA IN THE PERIOD 2015 - 2016

Suzana BOGOJEVIĆ, Irena TANASKOVIĆ, Jovana ILIĆ i Vesna ARSIĆ
Serbian Institute of Occupational Health "Dr Dragomir Karajović", Belgrade, Serbia

ABSTRACT

This paper presents the results of the radionuclides content measurements in milk and dairy products from seven cities in Serbia in the period 2015 - 2016. The measurements were carried out in the framework of the radioactivity monitoring in foodstuffs within the territory of the Republic of Serbia in the regions of Belgrade, Niš, Subotica, Zaječar, Užice, Novi Sad and Vranje. The activity concentrations of ^{40}K , ^{137}C , and ^7Be were determined by gamma spectrometric method. The content of ^{90}Sr was determined by measurement of total beta activity using a low-background, proportional gas counter after radiochemical separation of ^{90}Sr . The results show low activity levels of artificial radionuclides ^{137}Cs and ^{90}Sr in milk and dairy products samples and are generally at the level below 0.1 Bq/kg. The concentrations of natural ^{40}K and cosmogenic ^7Be are within the normal values for this type of samples.