

**Stefan Skiba, Wojciech Szymański**  
Instytut Geografii i Gospodarki Przestrzennej UJ  
ul. Gronostajowa 7; 30–387 Kraków

*Received: 24.06.2008*  
*Reviewed: 3.07.2008*

**Barbara Kubica**  
Instytut Fizyki Jądrowej PAN  
ul. Radzikowskiego 152; 31–342 Kraków

**Ryszard Prędki**  
Bieszczadzki Park Narodowy  
ul. Belska 7; 38–700 Ustrzyki Dolne

## ZAWARTOŚĆ $\gamma$ -RADIONUKLIDÓW $^{137}\text{Cs}$ I $^{40}\text{K}$ W GLEBACH BIESZCZADZKIEGO PARKU NARODOWEGO

Content of the  $\gamma$ -radionuclides of  $^{137}\text{Cs}$  and  $^{40}\text{K}$   
in the soils of Bieszczady National Park

**Abstract:** The presented results concern the soils of the Bieszczady National Park in the area Rozsypaniec – Halicz – Krzemień – Tarnica. The results show a considerably small contamination of the researched soils with radionuclides. Bigger amounts of those elements can be found in the surface horizons of the soils studied and they are a result of the organic matter content in those horizons. The evaluation of those elements must be based on the bulk density analysis of the soil.

**Key words:** radionuclides, soils, Bieszczady Mts.

### Wprowadzenie

Środowisko przyrodnicze ulega zanieczyszczeniom chemicznym, w tym także pierwiastkami promieniotwórczymi. Niektóre z tych pierwiastków znajdują się w środowisku Ziemi od momentu jej tworzenia i część z nich pozostaje do chwili obecnej. Stanowią one grupę naturalnych izotopów promieniotwórczych istniejących i tolerowanych w środowisku, np.  $^{40}\text{K}$ .

W skorupie ziemskiej znajduje się 60 naturalnych radionuklidów, a dodatkowych kilkanaście jest wytworzonych przez promieniowanie kosmiczne (Hryniewicz 1993). Oprócz tego typu radioizotopów, środowisko przyrodnicze może ulegać skażeniom pierwiastkami promieniotwórczymi, powstającymi wskutek

działalności człowieka. Głównym źródłem ich obecności są wybuchy jądrowe prowadzone w atmosferze, katastrofy reaktorów, przeróbka i składowanie paliwa jądrowego. Ważnym problemem w aspekcie funkcjonowania i ochrony środowiska są sztuczne radioizotopy wyprodukowane przez człowieka, np.  $^{137}\text{Cs}$ ,  $^{134}\text{Cs}$ ,  $^{90}\text{Sr}$ ,  $^{239+240}\text{Pu}$  lub  $^{241}\text{Am}$ .

W wyniku badań jądrowych prowadzonych w latach sześćdziesiątych ubiegłego stulecia a szczególnie po awarii elektrowni jądrowej w Czarnobylu (1986 r.) tereny położone w Europie środkowej i wschodniej zostały skażone alfa, beta i gamma radioizotopami.

W wyniku wybuchu a następnie pożaru reaktora jądrowego w Czarnobylu do atmosfery przedostało się kilkadziesiąt izotopów promieniotwórczych o łącznej aktywności  $10^{19}$  Bq. Po katastrofie czarnobylskiej rozróżnia się dwa rodzaje składu izotopowego skażeń promieniotwórczych: 1/ opad typu paliwowego; 2/ opad typu kondensacyjnego (Krasnov 1998).

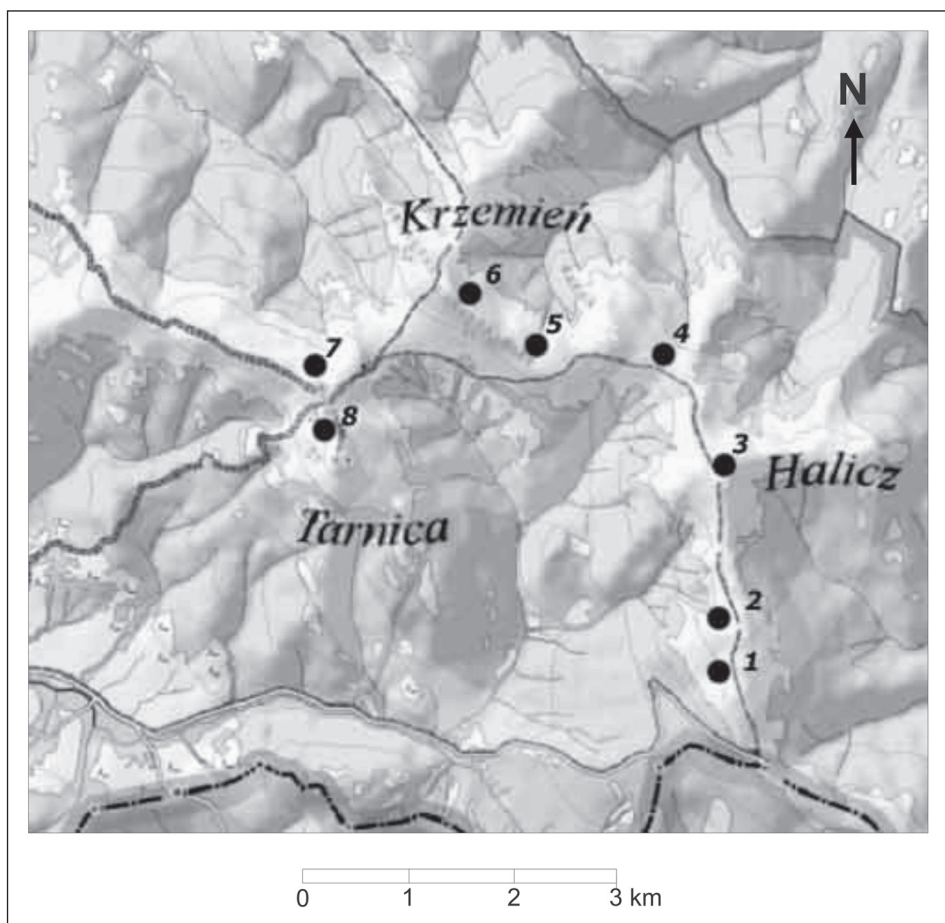
Typ paliwowy charakteryzuje się obecnością izotopów promieniotwórczych trudnotopliwych, nielotnych pierwiastków, takich jak pluton i inne transuranowce oraz cer, europ, niob, cyrkon, ruten i stront. Skład ten związany jest z obecnością znacznych ilości fragmentów paliwa jądrowego, tzw. „gorących cząstek typu paliwowego” (Broda 1989; Broda i in. 1989). W opadzie kondensacyjnym, obserwowanym na znacznych obszarach Polski dominującym „długo życiowym izotopem” jest  $^{137}\text{Cs}$ .

W Pracowni Chemii i Radiochemii Instytutu Fizyki Jądrowej PAN w Krakowie prowadzone są badania określające stężenie gamma radionuklidów sztucznego izotopu  $^{137}\text{Cs}$  i naturalnego  $^{40}\text{K}$  w glebach obszarów górskich Tatr i Czarnohory (Kubica i in. 2002; 2005; Skiba i in. 2005 a; 2005 b).

W prezentowanej pracy przedstawiono rezultaty (wyniki) takich badań dla połoninowej części tzw. gniazda Tarnicy (Rozsypaniec, Halicz, Kopa Bukowska, Krzemień, Szeroki Wierch, Tarnica) w Bieszczadzkiem Parku Narodowym.

## Materiał i metodyka

Badania stężenia gamma emiterów cezu i potasu prowadzono w próbkach glebowych pobranych ze stropowych poziomów gleb powyżej górnej granicy lasu, w obszarze połonin tzw. „gniazda Tarnicy” (Rozsypaniec, Halicz, Kopa Bukowska, Krzemień, Szeroki Wierch, Tarnica) (Ryc. 1). Poziomy stropowe tych gleb zbudowane są z materii organicznej w różnym stadium humifikacji (poziomy Ofh), leżące bezpośrednio na zwietrzałych skała fliszowego podłoża (gleby inicjalne – *Lithic Leptosols*), lub stanowiące poziom akumulacyjny w glebach słabo ukształtowanych (rankery – *Umbric Leptosols*) i w glebach brunatnych (*Dystric Cambisols*).



Ryc. 1. Lokalizacja badanych próbek glebowych.

Fig. 1. Localization of investigated soil samples.

Oznaczano odczyn gleby ( $\text{pH}_{\text{H}_2\text{O}}$  i  $\text{pH}_{\text{KCl}}$ ), zawartość materii organicznej. Do badań gamma spektrometrycznych próbki były poddane typowej procedurze: usuwano makroszczątki roślinne, suszono w temperaturze  $105^\circ\text{C}$  i przesiewano przez sита o średnicy oczek 1 mm. Pomiary wykonano przy użyciu spektrometru promieniowania gamma zaopatrzonego w detektor germanowy HPGe (pracującym z 10% wydajnością) o zdolności rozdzielczej 1,9 keV dla linii 662 keV. Tor spektrometrycznym produkcji firmy ORTEC z analizatorem 4096 kanałowym został wykalibrowany odpowiednimi wzorcami z Międzynarodowej Agencji Atomowej w Wiedniu (IAFA-154). Analizę ilościową wszystkich widm wykonano korzystając z programu do analizy widm Maestro oraz programu Volume służącego do przeliczania liczby zliczeń na aktywność wyrażoną w  $\text{Bq}\cdot\text{kg}^{-1}$ .

Próbki analizowano w reżimie 72 godzinnym.

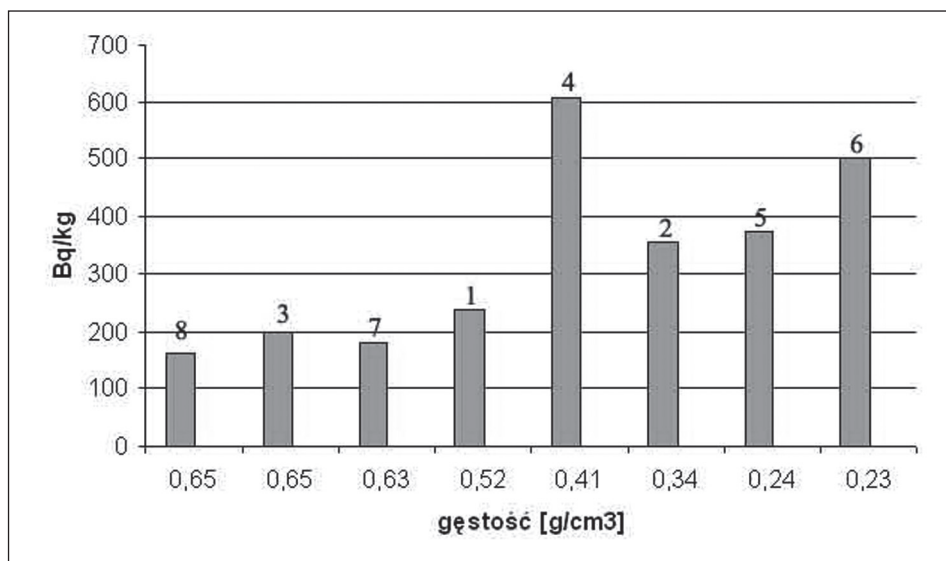
## Wyniki

Uzyskane wyniki (Tab. 1, Ryc. 2, 3) pozwalają na określenie stężenia badanych radionuklidów w badanych glebach. Analizowano głównie poziomy stropowe gleb występujących na połoninach opisywanego terenu. Niemal wszystkie badane gleby należą do utworów inicjalnych i słabo ukształtowanych, i tworzą one charakterystyczną strukturę pokrywy glebowej występującej powyżej górnej granicy lasu w Bieszczadach. Na wychodniach skalnych występują gleby inicjalne (Lithic Leptosols) na połączonych grzbietach występują nieco głębsze rankery brunatne (Cambic Leptosols), zaś na plejstocenijskich pokrywach gruzowych (grechotach) wytworzyły się inicjalne gleby rumoszowe (Regosols).

**Tabela 1.** Zawartość  $^{137}\text{Cs}$ ,  $^{40}\text{K}$  oraz gęstość badanych próbek glebowych.

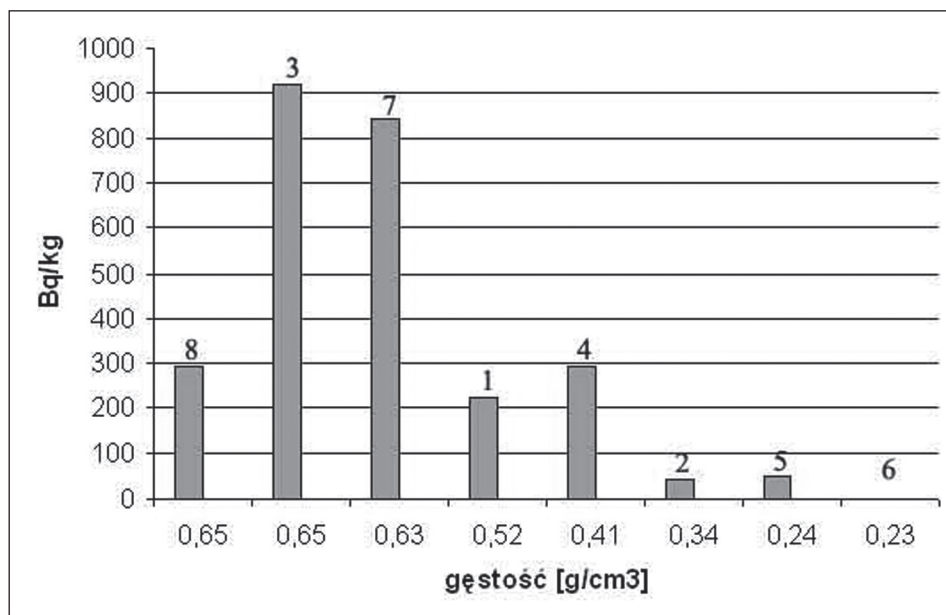
**Table 1.** Content of the  $^{137}\text{Cs}$ ,  $^{40}\text{K}$  and bulk density of investigated soil samples.

Nr próbki Sample No	$^{137}\text{Cs}$ [Bq/kg] suchej masy $^{137}\text{Cs}$ [Bq/kg] of dry mass	$^{40}\text{K}$ [Bq/kg] suchej masy $^{40}\text{K}$ [Bq/kg] of dry mass	Masa [g] Mass [g]	Gęstość [ $\text{g}/\text{cm}^3$ ] Density [ $\text{g}/\text{cm}^3$ ]
Rozsypaniec 49°03'22 N 22°46'06 E 1204m n.p.m. <i>Vaccinietum myrtilli gentianetosum asclepiadeae</i>				
1	236,1	221,3	57,4	0,52
Rozsypaniec 49°03'45 N 22°46'12 E 1261m n.p.m. <i>Vaccinietum myrtilli</i>				
2	356,3	40,1	38,0	0,34
Halicz 49°04'21 N 22°46'08 E 1323m n.p.m. <i>Vaccinietum myrtilli festucetosum airoidae</i>				
3	198,1	915,7	89,8	0,65
Stoki Halicza 49°04'43 N 22°45'59 E 1250m n.p.m. <i>Vaccinietum myrtilli</i>				
4	609,3	292,6	48,9	0,41
Krzemień 49°04'52 N 22°44'51 E 1250m n.p.m. <i>Empetro hermaphroditii-Vaccinietum myrtilli</i>				
5	373,5	49,5	25,2	0,24
Krzemień 49°05'07 N 22°44'22 E 1314m n.p.m. <i>Empetro hermaphroditii-Vaccinietum myrtilli</i>				
6	500,1	0,0	31,7	0,23
Tarniczka 49°04'46 N 22°43'24 E 1293m n.p.m. <i>Vaccinietum myrtilli</i>				
7	180,1	844,7	89,0	0,63
Tarnica 49°04'37 N 22°43'30 E 1324m n.p.m. <i>Vaccinietum myrtilli</i>				
8	163,9	291,6	74,3	0,65



Ryc. 2. Zależność aktywności  $^{137}\text{Cs}$  od gęstości badanych próbek glebowych.

Fig. 2. Content of the  $^{137}\text{Cs}$  and bulk density of investigated soil samples.



Ryc. 3. Zależność aktywności  $^{40}\text{K}$  od gęstości badanych próbek glebowych.

Fig. 3. Content of the  $^{40}\text{K}$  and bulk density of investigated soil samples.

Profil glebowy wszystkich tych gleb rozpoczyna się ok. 5 cm warstwą organiczną typu mor/moder, zawierającą ponad 20% materii organicznej słabo rozłożonej o odczynie kwaśnym (pH 4,0–5,0). Poniżej tego poziomu występuje słabo zwietrzałe podłoże skalne (zazwyczaj piaskowce), lub grubookruchowa zwietrzlina skał fliszowych (Skiba i in. 1998).

Wszystkie te gleby narażone są na stokowe procesy denudacyjne, wspomagane przez gospodarczą i turystyczną działalność człowieka (Prędko 2004) oraz na skażenia chemiczne (Skiba i Michalik 2000).

Zawartość radionuklidów  $^{137}\text{Cs}$  i  $^{40}\text{K}$  w badanych poziomach stropowych jest niewielka, a ich ilość w badanych próbkach waha się od 163,9 Bq/kg do 609,3 Bq/kg. To zróżnicowanie powiązane jest z ilością materii organicznej, a tym samym z gęstością analizowanego materiału. Zależności te przedstawiono na wykresach (Ryc. 2, 3). Zależności te potwierdzają rolę rozwiniętych możliwości sorpcyjnych i jonowymiennych materii organicznej, w tym sorpcji radionuklidu cezu w poziomach organicznych. Zawartość naturalnego radionuklidu  $^{40}\text{K}$  w badanych próbkach jest również niewielka, od 40,1 Bq/kg do 915,7 Bq/kg. Większe ilości naturalnego radionuklidu potasu oznaczano w próbkach mineralno-próchnicznych, zaś mniejsze ilości w próbkach organicznych. (Tab. 1, Ryc. 3).

Taki rozkład stężenia naturalnego radionuklidu potasu w badanych próbkach wynika z udziału mineralnych części w poziomie próchnicznym gleby. Składniki mineralne w swym składzie zawierają glinokrzemiany potasowe (skalenie), a to znajduje swój wyraz w prezentowanych wynikach.

Przedstawione wyniki potwierdzają wcześniejsze konkluzje z podobnych badań w Tatrach i w Czarnohorze, gdzie nie stwierdzono podwyższonych ilości radionuklidów  $^{137}\text{Cs}$  i  $^{40}\text{K}$ . Potwierdzają również prawidłowości sorpcji radionuklidu cezu w poziomach organicznych. Im gęstość badanej próbki gleby wzrastała, tym koncentracja cezu malała (Ryc. 2), a wzrastała ilość naturalnego radionuklidu potasu (Kubica i in. 2002; 2005; Skiba i in. 2005 a; 2005 b).

## Wnioski

1. Badania zawartości radionuklidów  $^{137}\text{Cs}$  i  $^{40}\text{K}$  w glebach połonin Bieszczadzkiego Parku Narodowego wykazały niewielkie stężenie tych pierwiastków.
2. Względnie podwyższone ilości radionuklidów w stropowych poziomach badanych gleb wynikają z udziału materii organicznej o dużych zdolnościach sorpcyjnych i jonowymiennych.
3. Ocena zawartości tych pierwiastków w glebie powinna być zawsze oparta na gęstości objętościowej badanej próbki.

## Literatura

- Broda R. 1989. Gamma spectrography analysis of hot particles from the Chernobyl fallout. *Acta Physica Polonica* vol. B. 18,10: 935–950.
- Broda R., Kubica B., Szegłowski Z., Zuber K. 1989. Alpha Emitters in Chernobyl Hot Particles, *Radiochemia Acta* 48: 89–96.
- Hrynkiewicz A. 1993. Dawki i działanie biologiczne promieniowania jonizującego. Państwowa Agencja Atomistyki IFJ.
- Krasnov W. P. 1998. Radioekologia lisiw Polissja Ukrainy, Wyd. Wolyn – Zhytomyr, 112 ss.
- Kubica B., Mietelski J.W., Gołaś J., Skiba S., Tomankiewicz E., Gaca P., Jasińska M., Tuleja-Krysa M. 2002. Concentration of  $^{137}\text{Cs}$ ,  $^{40}\text{K}$ ,  $^{238}\text{Pu}$  and  $^{239+240}\text{Pu}$  radionuclides and some heavy metals in soil samples from two main valleys from the Tatra National Park. *Pol. J. of Environmental Stud.*, Vol. 11: 537–545.
- Kubica B., Skiba M., Skiba S., Gołaś J., Kubica M., Stobiński M., Tuleja-Krysa M. 2005. Dislocation of the  $^{137}\text{Cs}$ ,  $^{40}\text{K}$  radionuclides in the podzol profiles of the Tatra Mountain soils (South Poland), *Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry*, Vol. 266, No 1: 3–9.
- Prędko R. 2004. Le siuvi de la degradation des sols dans la zone des itineraires touristiques: l'exemple du Parc National des Bieszczady, *Prace Geogr.* 113 : 61–72.
- Skiba S., Drewnik M., Prędko R., Szmuc R. 1998. Gleby Bieszczadzkiego Parku Narodowego. Monografie Bieszczadzkie 2, 88 ss. +mapa.
- Skiba S., Kubica B., Skiba M. 2005 a. Zawartość gamma radionuklidów  $^{137}\text{Cs}$  i  $^{40}\text{K}$  w glebach północno-zachodniej części Czarnohory, Karpaty wschodnie, Ukraina. *Roczniki Bieszczadzkie* 13: 325–332.
- Skiba S., Kubica B., Skiba M., Stobiński M. 2005 b. Content of the gamma radionuclides of the  $^{137}\text{Cs}$ ,  $^{40}\text{K}$  in the soils of Tatra Mts. (Poland) and Chernokhora Mts (Ukraine), *Pol. J. Soil Sci.* vol. 38(2): 119–126.
- Skiba S., Michalik M. 2000. Heavy metals in soils and sulphate minerals on rock surfaces as indicators of pollution of the environment (on the example of the Bieszczady Mts, Eastern Carpathians). *Pol. Journ. of Soil Sci.* vol. 33(1): 57–66.

## Summary

Radionuclides are a special kind of chemical pollution. They were released to the atmosphere after the Chernobyl disaster (Ukraine). In the Polish part of the Eastern Carpathians (Bieszczady Mts.) research concerning  $^{137}\text{Cs}$  and  $^{40}\text{K}$  was carried out in the upper soil horizon in the area above the upper timberline of Halicz – Tarnica – Rozsypaniec mountain meadows (Fig.1). The results (Table 1, Fig. 2–3) do not show considerable amounts of these elements in the discussed soils. These results confirm only previous information that in the Western (Tatra Mts) and Eastern Carpathians (Chernokhora) significant radionuclide pollution did not occur.