

## Wykorzystanie anomalii zawartości izotopów $^{238}\text{U}$ , $^{232}\text{Th}$ i $^{40}\text{K}$ oraz naturalnego promieniowania elektromagnetycznego do wyznaczania przebiegów uskoku tektonicznych

Bartłomiej Jaśkowski<sup>\*1</sup>, Artur Kasprzyk<sup>1</sup>, Ireneusz J. Olszak<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Uniwersytet Humanistyczno-Przyrodniczy Jana Kochanowskiego w Kielcach, Instytut Geografii

<sup>2</sup>Akademia Pomorska w Słupsku, Instytut Geografii, Zakład Geomorfologii i Geologii Czwartorzędu

### Wprowadzenie

Obszar miasta Kielc, leżący w Górach Świętokrzyskich, podobnie jak całe Góry Świętokrzyskie charakteryzuje się bardzo skomplikowaną budową geologiczną (Filonowicz 1973), której jedną z cech jest gęsta sieć zaburzeń tektonicznych w postaci stref nieciągłości tektonicznej. Na zlecenie Urzędu Miasta Kielce Oddział Świętokrzyski PIG w Kielcach wykonał „Mapę zaburzeń tektonicznych na terenie Kielc”, na której zostały zaznaczone uskoki podłużne, nasunięcia oraz uskoki poprzeczne (Studencki 2006). Mapa została wykonana w celu optymalizacji działań Urzędu Miasta Kielce w zakresie gospodarowania przestrzenią miasta i prac nad planem zagospodarowania przestrzennego miasta i ochroną środowiska Kielc, a zwłaszcza wyznaczenia terenów pod zabudowę mieszkalną. Bezpośrednią przyczyną takich działań Wydziału Ochrony Środowiska Urzędu Miasta Kielce było stwierdzenie w czasie prowadzenia badań naukowych (Kowalski 2001, Kowalski, Olszak 2003) znacznie podwyższonej koncentracji naturalnych izotopów promieniotwórczych w strefach uskoku występujących w rejonie Kielc.

### Cel i metody badań

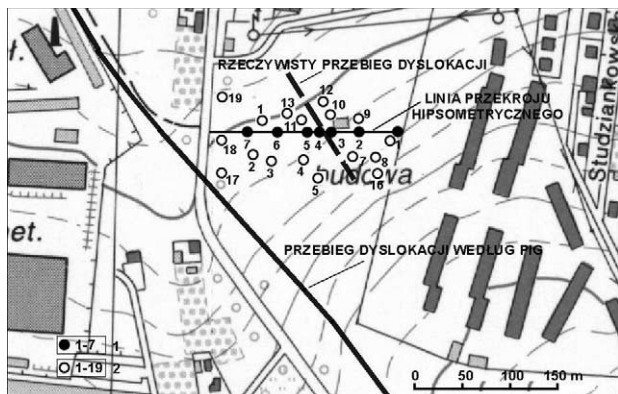
Celem badań było potwierdzenie związku koncentracji pierwiastków promieniotwórczych w strefach uskoku ze współczesną aktywnością tych uskoku (Kowalski, Jaśkowski 1993, Jaśkowski

1999, Kowalski 1995, 1996, 2000, Kowalski, Olszak 2003). Dodatkowo, o czym wspomniano wyżej, wyniki tych badań zostały przekazane do Wydziału Ochrony Środowiska Urzędu Miasta Kielce w celu ich praktycznego zastosowania.

Na terenie Kielc wykonano wstępnie rozpoznawcze badania zawartości pierwiastków promieniotwórczych w obszarze wybranej dyslokacji. Dodatkowo wykonano też badania naturalnego promieniowania elektromagnetycznego w obszarze tej dyslokacji (Jaśkowski i in. 2007).

Badania przeprowadzono na terenie położonym pomiędzy ul. Gen. Andersa i Wojska Polskiego w południowo-wschodniej części Kielc. Przez obszar ten równoległe do wymienionych ulic przebiega linia uskoku tektonicznego (ryc. 1). Linię przekroju poprowadzono prostopadle do linii wyznaczonego uskoku tektonicznego. Powierzchnia terenu jest prawie płaska, opadająca generalnie w kierunku linii uskoku wyznaczonej przez PIG (Studencki 2006). W części wschodniej badanego rejonu występuje skarpa o wysokości około 2 m, u której podnóża stwierdzono naturalne wysięki wody. Teren powyżej skarpy został zniwelowany podczas budowy osiedla domków szeregowych, znajdujących się przy ul. Andersa (ryc. 1), i nadbudowany materiałem antropogenicznym (okruchy cegieł, papy i innych materiałów budowlanych). Na powierzchni występuje brązowa glina spływowa z okruchami skał paleozoicznego podłoża. W części zachodniej na powierzchni występują piaski drobno- i średnioziarniste, lokalnie zailone.

\* e-mail: bartlomiej.jaskowski@pu.kielce.pl

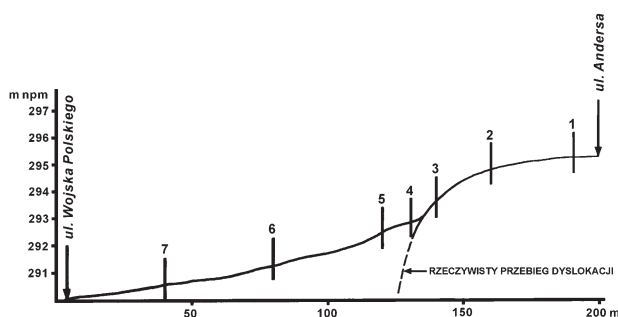


**Ryc. 1.** Lokalizacja obszaru badań.  
1 – punkty badań stężeń izotopów promieniotwórczych, 2 – punkty pomiarów pola elektromagnetycznego

Na linii przekroju wykonano siedem odwiertów ręcznych do głębokości 0,6 m. Z odwiertów pobrano próby do badania na zawartość izotopów promieniotwórczych (ryc. 2). Badania wykonano w Laboratorium Termoluminescencji Instytutu Geografii Uniwersytetu Humanistyczno-Przyrodniczego Jana Kochanowskiego w Kielcach. Do oznaczeń stężeń, wybranych do analizy izotopów, użyto Miernika Promieniotwórczości Naturalnej MAZAR-95 z sondą scyntylacyjną SSU-70-2, wyposażoną w kryształ NaJ/T1 i kalibracyjne źródło izotopowe Cs-137. Próbkę do badań laboratoryjnych pobrano z każdego odwiertu, z głębokości 0,2–0,5 m. Wyniki zawartości naturalnych radionuklidów podano w Bq/kg.

Każda z próbek badana była dwukrotnie. Raz, bezpośrednio po pobraniu, badano próbki o naturalnej wilgotności. Po raz drugi próbki badane były po wysuszeniu. Drugi pomiar został wykonany po upływie doby. Należy podkreślić, że tego typu pomiary wykonuje się standardowo jedynie w odniesieniu do próbek suchych. Wykonanie pomiarów dla próbek o naturalnej wilgotności miało na celu uzyskanie poziomu tła.

Na linii wyznaczonego przekroju zostały wykonane także pomiary naturalnego promieniowania elektromagnetycznego (Laboratorium Badawcze Polskich Sieci Elektroenergetycznych – Wschód Sp. z o.o. w Radomiu).



**Ryc. 2.** Profil terenu z naniesionymi miejscami poboru próbek do badań stężeń U-238, Th-232 i K-40

Do badania pola elektromagnetycznego zastosowano miernik PMM 8053B, nr 262WL61211 (produkcji PMM Costruzioni Elettroniche Centro Misura Radioelettriche S.r.l.) wraz z sondami pomiarowymi:

- sonda EP 301, nr 000WJ50622 (zakres częstotliwości: 100 kHz–3 GHz, zakres mierzonego poziomu: 0,1–300 V/m);
  - sonda EP 408, nr 000WJ60315 (zakres częstotliwości: 1 MHz–40 GHz, zakres mierzonego poziomu: 0,8–800 V/m);
- oraz aparaturę pomiarową:
- miernik do pomiaru składowej elektrycznej pola elektromagnetycznego o częstotliwości 50 Hz, typ: CMP-2, nr 22/XI/2002;
  - miernik indukcji pola magnetycznego TRACER, typ: MR 100 SE, nr 315-61-001.

Na badanym obszarze w strefie dyslokacji w rejonie ul. Wojska Polskiego nie prowadzono wcześniej takich pomiarów i nie były znane źródła występującego pola elektromagnetycznego. Z tego względu zastosowana do pomiarów aparatura obejmowała szeroki zakres częstotliwości badanego pola. Punkty, w których wykonano pomiary, zaznaczono na rycinie 1.

## Wyniki badań

Uzyskane wyniki pomiarów zawartości izotopów promieniotwórczych zostały zamieszczone w tabeli 1. Podwyższenie wartości stężeń izotopów w odniesieniu do próbek suchych związane jest z metodyką pomiaru. Zastosowany do pomiarów Miernik Promieniotwórczości Naturalnej MAZAR-95 oblicza stężenia w odniesieniu do masy próbki. Do obu pomiarów (próbki wilgotnej i próbki suchej) użyto dokładnie tych samych próbek. Po wysuszeniu zmniejsza się jednak masa próbki i w konsekwencji zwiększa się stężenie zawartych w niej izotopów. W obu przypadkach, zarówno dla próbek suchych, jak i mokrych, rozkład stężeń jest bardzo podobny. Należy zwrócić uwagę na fakt, iż dla próbek osadów, w których dominuje frakcja ilasta (próbki 1–5), stężenia badanych izotopów są znacznie wyższe niż dla próbek piaszczystych (próbki 6 i 7). Jest to sytuacja typowa dla całego obszaru Polski. Tym, co wyraźnie odróżnia badane osady od osadów z terenów, gdzie podłoże krystaliczne zalega znacznie głębiej i gdzie nie występują uskoki tektoniczne, jest podwyższone stężenie tych izotopów. Dla osadów z frakcją ilastą (iły i gliny) średnie stężenia dla obszaru Polski zawierają się w granicach: U-238 – 20–25 Bq/kg; Th-232 – 20–25 Bq/kg; K-40 – 200–400 Bq/kg. Dla osadów piaszczystych wartości te są nieco niższe i wynoszą odpowiednio: U-238 – 2–20 Bq/kg; Th – 2–20 Bq/kg; K-40 – 100–200 Bq/kg.

Analiza wartości przedstawionych w tabeli 1 wskazuje, że w przypadku stężeń U-238 w próbkach

gliniastych są one wyższe zarówno w odniesieniu do próbek wilgotnych, jak i suchych. W obu przypadkach wyraźna jest różnica pomiędzy próbkami 1 i 2, pobranymi powyżej linii uskoku, a próbkami 3–5 pobranymi poniżej tej linii (ryc. 2). W tym drugim przypadku wartości te są wyraźnie wyższe.

Wyjaśnienia wymagają też wartości stężeń U-238 dla pierwszych dwóch próbek. Większe, od 55% (próbki wilgotne) do 160% (próbki suche), jest stężenie U-238 w próbce 1 niż w próbce 2. Jest to wynikiem stosunkowo dużego udziału materiału antropogenicznego w próbce 1. Po wysuszeniu materiał antropogeniczny, w odróżnieniu od materiału geologicznego, nie zmienił swoich właściwości, i to właśnie on decyduje o dużym stężeniu izotopu U-238 w próbce. W tej sytuacji jako wartość naturalną należy przyjąć stężenie U-238 w próbce nr 2.

Stężenia izotopu U-238 dla osadów piaszczystych (próbki 6 i 7) mieszczą się w granicach normy. Brak jest też zdecydowanego zróżnicowania pod tym względem pomiędzy próbkami wilgotnymi i suchymi. Występuje natomiast wyraźna różnica pomiędzy próbkami gliniastymi a piaszczystymi. Wynika ona nie tylko z przyczyn naturalnych (litologia osadu, przepuszczalność itp.), ale też z konfiguracji terenu. Próbki piaszczyste, jak już wspomniano, pobierane były z tarasu akumulacyjnego położonego poniżej linii uskoku. Niewielkie nachylenie terenu powoduje, że obszar poboru próbek 6 i 7 pozostaje poza zasięgiem wód reliktowych lub juvenilnych. Charakter litologiczny osadu sprzyja też uwalnianiu do atmosfery radonu ( $\text{Rn-222}$ ). Gaz ten, będący produktem rozpadu U-238 i Th-232, ma stosunkowo krótki czas połowicznego rozpadu – około 90 godzin. W warunkach naturalnych obecność radonu nie ma istotnego wpływu na organizmy żywe. Ma on jednak duże zdolności do kumulowania się w piwnicach i pomieszczeniach mieszkalnych domów.

W odniesieniu do stężeń izotopu Th-232 sytuacja jest nieco inna. Należy jednak zwrócić uwagę na fakt, iż zawsze zwiększenie stężenia Th-232 wiąże się ze zmniejszeniem stężenia U-238. Stężenia Th-232 są nieznacznie wyższe dla dwóch pierwszych próbek po-

branych powyżej linii uskoku. Szczególnie jest to widoczne w stosunku do próbki nr 2. Przyczyna zróżnicowania stężeń Th-232 w próbkach 1 i 2 jest taka sama jak w odniesieniu do stężeń U-238. Generalnie stężenia izotopu Th-232 są dość stabilne i wyrównane we wszystkich próbkach gliniastych.

W próbkach piaszczystych (próbki 6 i 7) stężenia Th-232 są znacznie niższe. Maleją one w miarę oddalania się od linii uskoku. W próbkach wilgotnych stężenia Th-232 są niższe niż stężenia U-238. Sytuacja ta ulega wyraźnej zmianie w próbkach suchych. Wartości stężeń Th-232 we wszystkich badanych próbkach gliniastych są zdecydowanie wyższe niż w próbkach z innych obszarów Polski. W przypadku próbek piaszczystych stężenia te mieszczą się w przedziałach średnich wartości dla osadów powierzchniowych w Polsce.

Stężenia izotopu K-40 są wyraźnie zróżnicowane przestrzennie. Dla próbek 1 i 2, pobranych powyżej linii uskoku, nieznacznie przekraczają one wartości średnie dla obszaru Polski. Dotyczy to zarówno próbek wilgotnych, jak i suchych, chociaż w tym drugim przypadku stężenia te są wyższe. Zdecydowane podwyższenie stężeń izotopu K-40 występuje w próbkach pobranych w bezpośrednim sąsiedztwie linii uskoku (próbki 3–5). W tym rejonie wartości stężeń są wyższe od średniej od około 25–30% dla próbek wilgotnych do 30–55% dla próbek suchych.

W osadach piaszczystych (próbki 6 i 7) stężenie K-40 jest znacznie niższe. W przypadku próbek wilgotnych mieści się ono w granicach średniej krajowej. W próbkach suchych stężenie K-40 jest wyższe o około 80% niż w próbkach wilgotnych i o około 22% przekracza średnią dla obszaru Polski.

W czasie wykonywania pomiarów stwierdzono występowanie na badanym obszarze pola elektromagnetycznego, które ma zmienny i niestabilny charakter. Szczególnie dotyczy to pola w zakresie częstotliwości 1 MHz–40 GHz. Z powodu niestabilności pola otrzymywane wyniki należy traktować jako chwilowe i zmienne. Wyniki pomiarów zostały przedstawione w tabeli 2, a miejsca wykonania pomiarów zaznaczono na rycinie 1.

**Tabela 1.** Stężenia izotopów uranu ( $^{238}\text{U}$ ), toru ( $^{232}\text{Th}$ ) i potasu ( $^{40}\text{K}$ ) w badanych osadach

Numer próbki	Próbka wilgotna			Próbka sucha		
	$^{238}\text{U}$	$^{232}\text{Th}$	$^{40}\text{K}$	$^{238}\text{U}$	$^{232}\text{Th}$	$^{40}\text{K}$
1	21,81	35,01	432,67	51,46	26,06	459,20
2	14,04	41,99	441,86	19,81	39,16	467,85
3	29,82	34,14	524,76	44,66	34,42	592,49
4	29,12	34,38	519,02	41,09	34,83	623,35
5	27,26	35,39	514,92	38,13	36,52	568,72
6	13,26	10,92	134,63	1,29	13,23	241,45
7	12,17	8,57	137,85	1,00	12,94	247,65

**Tabela 2.** Wyniki pomiarów natężenia pola elektromagnetycznego w obszarze dyslokacji w rejonie ul. Wojska Polskiego

Numer pionu pomiarowego	Natężenie pola elektromagnetycznego		Natężenie pola magnetycznego [A/m]	Wysokość n.p.t. [m]
	100 kHz ÷ 40 GHz [V/m]	50 Hz [kV/m]		
1	0,26	0,01	0,008	0,3 ÷ 2,0
2	0,19	0,01	0,008	0,3 ÷ 2,0
3	0,31	0,02	0,008	0,3 ÷ 2,0
4	0,38	0,01	0,016	0,3 ÷ 2,0
5	0,47	0,02	0,016	0,3 ÷ 2,0
6	0,84	0,02	0,056	0,3 ÷ 2,0
7	1,62	0,01	0,040	0,3 ÷ 2,0
8	0,28	0,02	0,008	0,3 ÷ 2,0
9	1,84	0,01	0,016	0,3 ÷ 2,0
10	2,57	0,01	0,032	0,3 ÷ 2,0
11	0,32	0,02	0,016	0,3 ÷ 2,0
12	0,14	0,04	0,008	0,3 ÷ 2,0
13	0,09	0,01	0,008	0,3 ÷ 2,0
14	0,05	0,01	0,000	0,3 ÷ 2,0
15	0,04	0,01	0,000	0,3 ÷ 2,0
16	0,03	0,01	0,000	0,3 ÷ 2,0
17	0,02	0,01	0,000	0,3 ÷ 2,0
18	0,02	0,01	0,000	0,3 ÷ 2,0
19	0,01	0,01	0,000	0,3 ÷ 2,0

W obszarze dyslokacji w rejonie ul. Wojska Polskiego stwierdzono występowanie niestabilnego pola elektromagnetycznego o zróżnicowanej częstotliwości. Największe natężenie promieniowania o różnej częstotliwości stwierdzono w punktach pomiarowych 7, 9, 6, 10, 11; ryc. 1, tab. 2. W tej samej strefie stwierdzono największe stężenie zawartości izotopów promieniotwórczych (punkty 3, 4, 5; ryc. 1). Z dużym prawdopodobieństwem można stwierdzić, że w tym miejscu ma przebieg strefa uskoku (dyslokacyjna).

## Podsumowanie

Obszar Kielc ma bardzo skomplikowaną budowę geologiczną, charakteryzującą się między innymi gęstą siecią zaburzeń tektonicznych w postaci licznych dyslokacji tektonicznych. Urząd Miasta Kielc dysponuje w miarę dokładną „Mapą zaburzeń tektonicznych na terenie Kielc”, która powinna być podstawą dalszych badań i powinna być brana pod uwagę w czasie sporządzenia szczegółowych planów zagospodarowania, a zwłaszcza przy wyznaczaniu terenów pod zabudowę mieszkalną. Przeprowadzone badania wykazują, że w strefach nieciągłości tektonicznych występuje podwyższona koncentracja,

przekraczająca często wielokrotnie naturalne tło, pierwiastków promieniotwórczych uranu, toru i potasu oraz wysoka emisja promieniotwórczego gazu – radonu Rn-222. Średnie stężenie <sup>222</sup>Rn na otwartej przestrzeni w różnych częściach świata wynosi 4–19 Bq/m<sup>3</sup>, w typowym gruncie 4–40 kBq m<sup>-3</sup>, czyli jest kilka rzędów wielkości wyższe niż w powietrzu na otwartej przestrzeni. W wodzie i gazie ziemnym przyjmują często jeszcze większe wartości od kilku Bq m<sup>-3</sup> do kilku MBq m<sup>-3</sup> (Eisenbud, Gessel 1997, Mickiewicz-Wichłacz, Pawuła 2007, Pawuła 2007). W zamkniętych przestrzeniach koncentracja radonu może być o rzędy wielkości wyższa niż na zewnątrz, zwłaszcza w kopalniach, jaskiniach i budynkach. W budynkach mieszkalnych największą koncentrację spotyka się z reguły w piwnicach i na najniższych kondygnacjach.

Poza Górami Świętokrzyskimi podwyższona koncentracja radonu <sup>222</sup>Rn występuje w Sudetach i na Górnym Śląsku. Badania prowadzone na Górnym Śląsku wykazały zmienne stężenie radonu. Największe stwierdzono w piwnicach i na dolnych kondygnacjach budynków mieszkalnych. Stwierdzono także, że rozkład stężeń radonu w domach i na obszarze Górnego Śląska nie jest równomierny i wykazuje wyraźny związek z regionalną budową geologiczną.



Czynnikami ułatwiającymi wędrówkę gazu mogą być zaburzenia struktury geologicznej, ze zluźnieniami skał w części stropowej ułatwiającymi ekshalację radonu (Wysocka, Rubin 2007).

W Polsce tak jak i prawie na całym świecie nie ma regulacji prawnych ograniczających maksymalne stężenia radonu, ponieważ jest on uważany za naturalne źródło promieniowania. Zaleca się zwykle, aby koncentracja radonu nie przekraczała pewnej wartości. Próg ten jest różny według różnych instytucji i na dodatek co jakiś czas się zmienia. Na ogół podaje się wartości między 150 a 600 Bq m<sup>-3</sup>.

Według kryteriów radiobiologicznych koncentracja radonu  $^{222}\text{Rn}$  w powietrzu nie powinna przekraczać 37 Bq/m<sup>-3</sup>. Wprowadzone w Polsce normy według Zarządzenia Prezesa Polskiej Agencji Atomistyki z dnia 31 marca 1988 r. w sprawie dawek granicznych promieniowania jonizującego i wskaźników pochodnych określających zagrożenie promieniowaniem jonizującym (M.P. nr 14, poz. 124, 1988) ustala dopuszczalną zawartość radonu w powietrzu, wewnątrz budynków, na poziomie 200 Bq m<sup>-3</sup> oraz dopuszcza w starych budynkach i na okres przejściowy do 1998 r. w nowo budowanych domach stężenie radonu 400 Bq m<sup>-3</sup>. Zarządzenia Prezesa Państwowej Agencji Atomistyki z dnia 7 lipca 1995 r. zmieniające zarządzenie w sprawie stawek granicznych promieniowania jonizującego i wskaźników pochodnych określających zagrożenie promieniowaniem jonizującego (M.P. z dnia 26 lipca 1995 r. nr 35, poz. 419) ponownie ustala średnie wartości roczne stężenia radonu-222 w pomieszczeniach przeznaczonych na stały pobyt ludzi, które nie mogą przekraczać:

- 1) 400 Bq/m<sup>3</sup> – w budynkach istniejących i oddawanych do użytku przed dniem 1 stycznia 1998 r.,
- 2) 200 Bq/m<sup>3</sup> – w budynkach oddawanych do użytku po dniu 1 stycznia 1998 r.

Przyjęta norma wydaje się tolerancyjna, zwłaszcza że radionukleidy z szeregu uranowo-radowego mają silne działania kancerogenne i zaliczane są do pierwiastków osteoporowych o działaniu kumulatywnym.

Lokowanie zabudowy mieszkalnej, zwłaszcza domów jednorodzinnych, w strefie dyslokacji może powodować wzmaganie kumulacji radionukleidów w ciele ludzi tam zamieszkujących także z tego względu, że pierwiastki te są łatwo kumulowane w owocach i warzywach uprawianych w ogródkach przydomowych, które są spożywane przez mieszkańców domów jednorodzinnych często przez długie lata. Nierzadko też do wyrównywania terenu pod budowę używa się gruzu, a nawet śmieci. Materiał ten, jak wykazały badania, ma dużą zdolność do koncentracji pierwiastków promieniotwórczych.

Istotne jest również, że zapisy prawne mają małe znaczenie praktyczne. Bez precyzyjnego określenia sposobu ich egzekucji oraz ustalenia procedur postępowania w zakresie całościowego rozwiązania problemu występowania radonu w Polsce samo podanie

w Zarządzeniu PAA dopuszczalnych wartości liczbowych, bez możliwości np. ich mierzenia, przy braku szerokiego dostępu do aparatury pomiarowej nie oddaje przesłania zaleceń organizacji międzynarodowych takich jak Światowa Organizacja Zdrowia (WHO) czy uregulowań prawnych Unii Europejskiej. Zgodnie z zaleceniem WHO dopuszczalne stężenie radonu wewnątrz budynków mieszkalnych nie powinno przekraczać 200 Bq m<sup>-3</sup>.

Należy także podkreślić, że w wielu krajach przed rozpoczęciem budowy kontroluje się tzw. „potencjał radowy” terenów przeznaczonych pod zabudowę. Mierzone jest stężenie naturalnych izotopów promieniotwórczych w glebie oraz stężenie radonu w powietrzu glebowym i stopień ekshalacji radonu z gruntu. Wyniki tych pomiarów decydują, czy można budować na tym terenie i jaką zastosować technologię. Także wszystkie materiały budowlane powinny być badane pod kątem zawartości pierwiastków promieniotwórczych. Należy podkreślić, że obecnie jedyną jednostką w regionie mogąca wykonywać takie badania jest Instytut Geografii Akademii Świętokrzyskiej w Kielcach.

W już istniejących budynkach, zwłaszcza posadowionych w obszarach dyslokacji tektonicznych, należałoby wykonać pomiary stężenia radonu i w przypadku stwierdzenia występowania dużych stężeń zalecić przeprowadzenie zabiegów uszczelniających, za pomocą specjalnych folii, zainstalowania odpowiedniej wentylacji, zabezpieczenie ścian farbami lub tapetami.

Badania naturalnego promieniowania elektromagnetycznego niejonizującego w obszarze dyslokacji wykazało występowanie zmiennego pola elektromagnetycznego o charakterze niestabilnym. Natężenie tego pola jest niewielkie i nie stanowi zagrożenia dla ludzi przebywających stale lub chwilowo w jego zasięgu.

Należy natomiast stwierdzić, że występowanie tego pola w obrębie badanej dyslokacji sugeruje istnienie podobnych pól promieniowania elektromagnetycznego w obrębie innych dyslokacji na obszarze miasta Kielce. Może to mieć duże znaczenie dla dokładnej lokalizacji przebiegu dyslokacji tektonicznych.

Wyniki badań występowania pola elektromagnetycznego oraz wyniki stężenia zawartości izotopów promieniotwórczych mogą być przydatne do szczegółowej lokalizacji przebiegu stref dyslokacyjnych. W świetle przeprowadzonych badań strefę dyslokacji w rejonie ul. Wojska Polskiego należy przesunąć o około 120 m na NE w kierunku ul. Andersa.

## Literatura

Eisenbud M., Gessel T. 1997. Environmental Radioactivity. Academic Press, San Diego.

- Jaśkowski B. 1999. Związek późnoplejstocenijskich procesów wydymotwórczych w regionie świętokrzyskim z neotektoniczną aktywnością podłoża. *Przeгляд Geologiczny*, 47: 1032–1038.
- Jaśkowski B., Kasprzyk A., Olszak I., Rogalska R., Stachurski M., Świątek E., Zawada K. 2007. Dokumentacja dla obszaru Kielc w obrębie dyslokacji tektonicznej badania zawartości izotopów promieniotwórczych – uranu, toru, potasu oraz badania promieniowania elektromagnetycznego przy przesyłowych liniach elektromagnetycznych wysokiego napięcia 110 i 220 kV. Naniesienie na mapę Kielc lokalizacji stacji bazowych telefonii cyfrowej wraz z obszarami promieniowania niejonizującego. Analiza stanu obecnego możliwości ograniczenia uciążliwości wynikających z ograniczeń formalno-prawnych wynikających z obowiązujących aktów prawnych. *Urząd Miasta Kielce*, s. 1–32.
- Kowalski B.J. 1995. Przejawy młodej aktywności tektonicznej w Dolinie Kielecko-Łagowskiej w Górach Świętokrzyskich i jej wpływ na układ sieci wodnej. *Przeгляд Geologiczny*, 43: 307–316.
- Kowalski B.J. 1996. Powierzchniowe procesy egzogeniczne a tektoniczna aktywność uskoku środkowej Lubrzanki w Górach Świętokrzyskich – próba datowania. *Przeгляд Geologiczny*, 44: 49–54.
- Kowalski B.J. 2000. Morfologiczne konsekwencje współczesnej aktywności uskoku paleozoicznych w środkowej części Gór Świętokrzyskich. [W:] *Dorobek i pozycja polskiej geomorfologii u progu XXI wieku*. Wyd. UMK, Toruń, s. 228–231.
- Kowalski B.J. 2001. Izotopy promieniotwórcze (uran-238, tor-232, potas-40) jako wskaźnik aktywności tektonicznej paleozoicznego uskoku mójczańskiego w Górach Świętokrzyskich. [W:] W. Zuchiewicz (red.), *Mater. IV Ogólnopol. Konfer. Neotektonika Polski: Neotektonika, morfotektonika, sejsmotektonika – stan badań i perspektywy rozwoju*. Kom. Neotektoniki Kom. Bad. Czwart., PAN, Kraków, s. 56–61.
- Kowalski B.J., Olszak I.J. 2003. Dodatnie anomalie izotopów promieniotwórczych  $^{238}\text{U}$ ,  $^{232}\text{Th}$ ,  $^{40}\text{K}$  w strefie paleozoicznego uskoku mójczańskiego w Górach Świętokrzyskich. *Przeгляд Geologiczny*, 51: 492–497.
- Kowalski B., Jaśkowski B. 1993. Przejawy tektonicznej mobilności strefy uskoku środkowej Lubrzanki w Górach Świętokrzyskich. [W:] W. Zuchiewicz (red.), *Neotektonika Polski. Metodyka, datowania, przykłady regionalne*. Konferencja Komisji Neotektoniki Komitetu Badań Czwartorzędu PAN, Kraków 25–27.10.1993, Kraków, s. 20–21.
- Mickiewicz-Wichłacz D., Pawuła A. 2007. Wpływ jakości gazu ziemnego na stężenie radonu w mieszkaniach (<http://main.amu.edu.pl/~pawula/PZH2.html>).
- Pawuła A. 2007. Koncentracja radonu w budynkach a graniczna dawka promieniowania jonizującego (<http://main.amu.edu.pl/~pawula/ifj2.html>).
- Studencki M. 2006. Mapa zaburzeń tektonicznych na terenie Kielc w skali 1:25 000 z uwzględnieniem wpływu dyslokacji nieciągłych na budowlę i zdrowie mieszkańców. *Państwowy Instytut Geologiczny, Oddział Świętokrzyski, Kielce*, s. 1–9.
- Wysocka M., Rubin J.A. 2007. Pomiary radonu w mikrośrodku mieszkalnym powiatu rybnickiego. [W:] A. Lankoff, A. Wójcik (red.), *Materiały konferencyjne XIV Zjazdu Polskiego Towarzystwa Badań Radiacyjnych im. Marii Skłodowskiej-Curie*, Kielce 25–26 września 2007 r., s. 131.
- Zmyślony M. 2007. Działania oksydacyjne pól elektromagnetycznych. [W:] A. Lankoff, A. Wójcik (red.), *Materiały konferencyjne XIV Zjazdu Polskiego Towarzystwa Badań Radiacyjnych im. Marii Skłodowskiej-Curie*, Kielce 25–26 września 2007 r., s. 34.