

Naturalna promieniotwórczość wyrobów budowlanych, w tym autoklawizowanego betonu komórkowego (ABK)

Prof. ICIMB dr inż. Genowefa Zapotoczna-Sytek ICIMB – Centrum Badań Betonów – CEBET w Warszawie, mgr Kalina Mamont-Cieśla – Centralne Laboratorium Ochrony Radiologicznej, mgr inż. Tomasz Rybarczyk – SOLBET Sp. z o.o.

1. Wprowadzenie

Jednym z mitów dotyczących betonu komórkowego jest jego rzekomo wysoka promieniotwórczość. Taka opinia jest spowodowana brakiem wiedzy na ten temat, plotkami, a czasami skutkiem świadomej manipulacji.

Dla właściwego przedstawienia promieniotwórczości materiałów i wyrobów budowlanych, w tym wyrobów z betonu komórkowego, przybliżmy skrótowo zagadnienie promieniotwórczości i przeanalizujmy je opierając się na wiarygodnych wynikach badań upoważnionych jednostek badawczych.

W naszym otoczeniu znajduje się wiele różnych źródeł promieniowania. Wszystko co nas otacza posiada swoją naturalną radioaktywność i promieniuje. Promieniowanie, to – najogólniej określając – jeden ze sposobów wysyłania i przenoszenia na odległość energii w postaci ciepła, światła, fal elektromagnetycznych lub cząstek materii. Promienio-

wanie jest zjawiskiem naturalnym, a jego szczególnym rodzajem jest promieniowanie jonizujące nazwane tak, bo wywołuje w obojętnych elektrycznie atomach i cząsteczkach materii zmiany w ładunkach elektrycznych, czyli jonizację.

Promieniowanie jonizujące stanowi nieodzowny składnik ekologiczny biosfery ziemskiej, warunkujący prawidłowy rozwój istot żywych. Z drugiej strony wiadomo, że promieniowanie to wywołuje pewne zmiany chemiczne i biologiczne w komórkach i tkankach istot żywych. Dopóki nie są przekroczone określone poziomy promieniowania jonizującego, nie ma powodów do obaw, gdyż organizmy wykazują zdolność do samonaprawienia powstałych destrukcji. Z kolei uważa się, że zbyt zaniżone poziomy promieniowania również nie są pożądane, gdyż mogą przyczyniać się do żywiołowego rozwoju chorobotwórczych drobnoustrojów. Istotne znaczenie dla istot żywych mają dwie składowe promieniowania jonizującego: promieniowanie gamma, działające na całe ciało oraz promie-

niowanie alfa działające na układ oddechowy. Źródłami promieniowania gamma wewnątrz budynku są naturalne pierwiastki promieniotwórcze znajdujące się w wyrobach budowlanych produkowanych z surowców i odpadów pochodzenia mineralnego, oraz zawarte w podłożu gruntowym, a także część promieniowania kosmicznego, przenikającego przez ściany, dach i stropy.

Wszystkie materiały budowlane pochodzenia mineralnego zawierają naturalne pierwiastki promieniotwórcze, z których istotne znaczenie ze względu na poziom promieniowania naturalnego tła jonizującego w środowisku mieszkalnym mają: potas K – 40, pierwiastki szeregu uranoworadowego, w tym izotop radu Ra – 226 i jego produkt rozpadu – radon Rn – 222 oraz szeregu torowego.

Dla zdrowia człowieka niebezpieczne są produkty rozpadu radu. Z rozpadu radu Ra – 226 powstaje gaz radon Rn – 222, który w dalszej kolejności rozpada się samoistnie – groźne są pochodne jego rozpadu – izotopy metali, ołowiu, bizmutu.

Radon i pochodne jego rozpadu, będące źródłem promieniowania alfa, pochodzą głównie z gruntu oraz – w znacznie mniejszym stopniu – z materiałów budowlanych. Zilustrowano to w tabeli 1.

Dane te są bardzo zbliżone do podawanych przez światowe i krajowe ośrodki badawcze zajmujące się problematyką promieniotwórczości [7].

Tabela 1. Źródła radonu w powietrzu wewnątrz statystycznego budynku, przy założeniu wymiany powietrza co godzinę

Źródło radonu	Udziału [%]
Podłoże gruntowe	77,9
Materiały budowlane	12,0
Powietrze atmosferyczne (zewnątrzne)	9,3
Woda	0,2
Gaz naturalny (ziemny)	0,6

Źródło: Sources, Effects and Risks of Ionizing Radiation. UNSCEAR, New York, 1988.

2. System kontroli wyrobów budowlanych w Polsce

Chcąc zapewnić odpowiednie warunki higieniczno-zdrowotne w pomieszczeniach przeznaczonych na stały pobyt ludzi lub zwierząt, trzeba eliminować stosowanie wyrobów budowlanych zawierających w nadmiernej ilości naturalne pierwiastki promieniotwórcze: potas K – 40, rad Ra – 226 i tor Th – 228 oraz – w przypadku dużego stężenia radonu Rn – 222 w powietrzu pomieszczeń – zastosować rozwiązania techniczno-budowlane, zmniejszające infiltrację radonu z podłoża do budynku.

Wymagania krajowe dla zapewnienia odpowiednich warunków higieniczno-zdrowotnych w pomieszczeniach budowlanych ujęte są w dwóch ustawach: Prawo budowlane [1] i Prawo atomowe [2] oraz w rozporządzeniach wykonawczych i w rekomendacjach Unii Europejskiej dotyczących średniego rocznego stężenia radonu w budynkach.

Zgodnie z przepisami, budynki przeznaczone na pobyt ludzi lub inwentarza żywego powinny spełniać następujące warunki:

- budynek nie może być wykonany z wyrobów budowlanych, w których przekroczone są graniczne zawartości naturalnych pierwiastków promieniotwórczych;
- średnie roczne stężenie radonu w powietrzu w pomieszczeniach nie powinno przekraczać: 200 [Bq/m³] w budynkach nowo budowanych oraz 400 [Bq/m³] w budynkach starszych.

Mając na uwadze dwa wyżej wymienione rodzaje promieniowania – gamma i alfa, na które narażone są istoty żywe w budynku, przyjęto za podstawę oceny wyrobów budowlanych dwa kwalifikacyjne wskaźniki aktywności f_1 i f_2 , oznaczane laboratoryjnie. Metody badań i kryteria oceny ujęte są w Poradniku ITB nr 455/2010 [3] pt. *Badania promieniotwórczości naturalnej wyrobów budowlanych* – ITB 2010 (dawniej Instrukcja Instytutu Techniki Budowlanej ITB 234/2003).

Wskaźnik f_1 informuje o narażeniu całego ciała promieniowaniem gam-

ma przez radionuklidy naturalne: potasu K – 40, radu Ra – 226 i toru Th – 228, występujące w materiale. Wskaźnik f_1 ma formę złożoną, uwzględniającą różną wagę poszczególnych radioizotopów:

$$f_1 = \frac{S_K}{3000 \text{ Bq/kg}} + \frac{S_{Ra}}{300 \text{ Bq/kg}} + \frac{S_{Th}}{200 \text{ Bq/kg}}$$

warunek bezpieczeństwa jest spełniony, gdy $f_1 \leq 1,2$

gdzie:

S_K , S_{Ra} , S_{Th} – stężenia odpowiednio: potasu K – 40, radu Ra – 226 i toru Th228 w Bq/kg.

Wskaźnik f_2 informuje o zawartości radu Ra – 226, który jest izotopem macierzystym radonu, a więc pośrednio o stopniu narażenia na promieniowanie alfa radonu Rn – 222 i jego krótko-życiowych pochodnych. Warunek bezpieczeństwa, określo-

ny jako wartość graniczna stężenia radu w materiale budowlanym, jest następujący:

$$f_2 = S_{Ra} \leq 240 \text{ Bq/kg}$$

gdzie:

S_{Ra} – stężenie radu Ra – 226 w Bq/kg.

3. Badania i ocena promieniotwórczości wyrobów budowlanych

Od 1980 roku prowadzone są przez: Instytut Techniki Budowlanej, Centralny Ośrodek Badawczo-Rozwojowy Przemysłu Betonów CEBET (obecnie ICiMB CBB CEBET), Centralne Laboratorium Ochrony Radiologicznej (CLOR) oraz przez około 30 laboratoriów w zakładach produkcyjnych, badania powszechnie stosowanych surowców i wyrobów budowlanych [4]. Laboratoria te są nadzorowane przez Centralne Laboratorium Ocho-

Tabela 2. Wskaźniki aktywności f_1 i f_2 w wybranych surowcach i materiałach budowlanych (w nawiasach podano wartości średnie)

Rodzaj surowca lub materiału budowlanego	Liczba próbek	Wskaźniki aktywności			
		f_1		f_2 [Bq/kg]	
SUROWCE POCHODZENIA NATURALNEGO (lata 1980–2007)					
Kamień wapienny	144	0,01–0,64	(0,11)	1–51	(17)
Piasek	232	0,01–0,95	(0,18)	1–91	(13)
Surowiec ilasty	741	0,28–1,39	(0,58)	7–130	(38)
Gлина	116	0,12–1,39	(0,61)	6–161	(48)
SUROWCE POCHODZENIA PRZEMYSŁOWEGO (lata 2003–2009)					
Popioły lotne	4172	0,02–3,59	(1,07)	11–876	(122)
Żużel kotłowy	1979	0,02–2,53	(0,82)	2–482	(102)
Gips z odsiarczenia spalin	37	0,01–0,37	(0,07)	2–67	(11)
Żużel wielkopiecowy	136	0,1–1,32	(0,68)	16–178	(111)
Żużel pomiedziowy	9	1,41–2,27	(1,67)	267–386	(318)
Fosfogips	1	1,31	–	360	–
Kruszywo z popiołów	484	0,87–1,20	(1,04)	58–166	(123)
MATERIAŁY BUDOWLANE (lata 2003–2009)					
Cement	516	0,03–1,06	(0,30)	10–128	(39)
Beton lekki	861	0,10–1,17	(0,66)	9–225	(68)
Betony inne	51	0,07–3,11	(0,64)	5–356	(75)
Ceramika budowlana	2148	0,11–1,63	(0,64)	8–176	(53)
Autoklawizowany beton komórkowy (lata 1981–2010)					
Piaskowy	64	0,11–0,24	(0,17)	4,44–27,48	(11)
Popiotowy	1803	0,29–0,94	(0,69)	27–170	(80)

Tabela 3. Średnie wartości wskaźników aktywności f_1 i f_2 dla wybranych materiałów ściennych

Lp.	Materiał budowlany	Masa 1 m ² ściany [kg]	Wskaźniki aktywności:		Aktywność Ra – 226 w 1 m ² ścian [Bq]
			f_1	f_2 [Bq/kg]	
1	ABK – piaskowy bloczek gęstości 600	142,73	0,16	20	2855
2	Silikaty – Silka E 24	332,64	0,16	20	6653
3	Ceramika – pustak UNI-MAX 250/220	228,00	0,54	70	15960
4	ABK – popiołowy bloczek gęstości 600	142,73	0,56	80	11419
5	Beton zwykły – bloczek fundamentowy	399,00	0,22	24	9576
6	Keramzytobeton – pustak liapor M	213,41	0,36	32	6829
7	ABK – piaskowy bloczek gęstości 400	166,52	0,16	20	3330

Uwaga: grubość ścian wynosiła 24 cm, z wyjątkiem pozycji ostatniej, dla której wynosiła ona 42 cm.

ny Radiologicznej, które organizuje również szkolenia personelu i badania porównawcze oraz prowadzi komputerową bazę danych. W bazie tej znajdują się obecnie wyniki ponad 40 tys. próbek surowców i wyrobów budowlanych.

Każdego roku CLOR przesyła uaktualnione dane na temat stężeń radionuklidów potasu – 40, radu – 226, toru – 228 oraz wskaźników f_1 i f_2 dla jedenastu wybranych surowców pochodzenia naturalnego (m.in. marmur, kreda, gips, glina, tupek) i ośmiu przemysłowego (popioły lotne, żuźle, fosfogipsy, kruszywa) oraz czterech rodzajów materiałów budowlanych: cementu, betonu lekkiego,

innych betonów oraz ceramiki budowlanej, do Głównego Urzędu Statystycznego. W tabeli 2 zawarte są dane z publikacji GUS pt. *Ochrona Środowiska*.

Według danych z ww. bazy dla betonów komórkowych zarówno wskaźnik aktywności f_1 nigdy nie przekroczył wartości 1,20, jak i f_2 – wartości 240 Bq/kg, przy czym dla betonów komórkowych piaskowych wartości te są korzystnie bardzo niskie. Dla betonów komórkowych popiołowych średnie wartości f_1 i f_2 są na poziomie wartości uzyskiwanych dla ceramiki budowlanej, powszechnie uznawanej za materiały bezpieczne pod kątem narażenia na promieniowanie. Jedno-

częście warto zauważyć, że dla wyrobów z ceramiki budowlanej wskaźnik f_1 przekracza niekiedy wartość 1,2. Należy też pamiętać, że element wykonany z betonu komórkowego ma mniejszą masę niż taki sam element wykonany z betonów ciężkich czy ceramiki budowlanej (cegły, pustaki ceramiczne, dachówki, kształtki itd.), a przez to zawiera odpowiednio mniej radionuklidów.

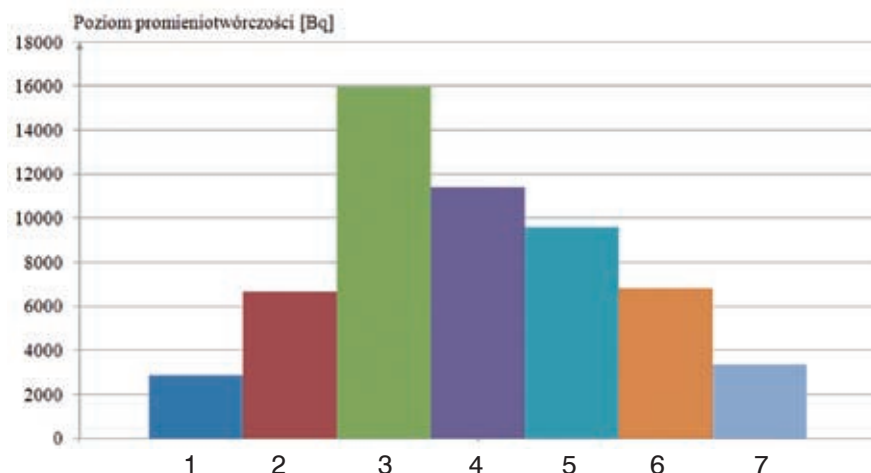
W tabeli 3 zestawiono średnie wartości wskaźników f_1 i f_2 dla najczęściej spotykanych materiałów ściennych. Na tej podstawie oraz przy uwzględnieniu masy materiałów wyliczono i zestawiono również orientacyjne wartości stężenia radu Ra – 226 w jednym m² ścian. Zestawienia dokonano dla celów porównania między sobą poszczególnych materiałów i rozwiązań stosowanych w praktyce.

Wartość aktywności Ra – 226 w jednym m² ściany jest iloczynem stężenia aktywności Ra – 226 (f_2) i masy ściany. Porównanie aktywności radu Ra – 226 w jednym m² różnych rodzajów ścian ilustruje rysunek 1.

4. Ocena poziomu promieniowania w budynkach

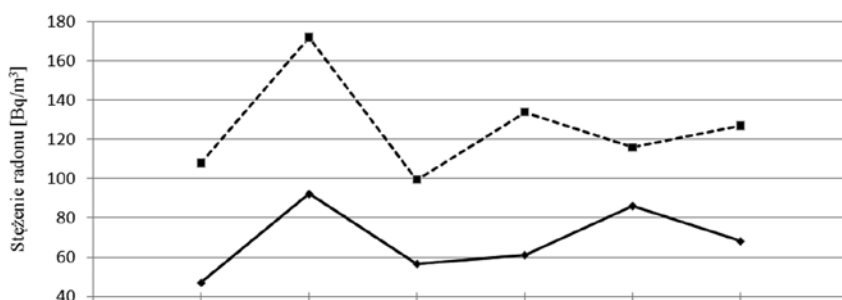
Z dotychczas przeprowadzonych pomiarów kontrolnych wynika, że średni roczny równoważnik dawki promieniowania gamma w budynku z betonu komórkowego wynosi 0,8 mSv i jest o około 10% niższy niż w budynkach murowanych z cegły ceramicznej [5]. Jest to spowodowane mniejszą masą 1 m² ściany z betonu komórkowego oraz większym stężeniem radu Ra – 226 w wyrobach ceramicznych.

Podobnie pozytywne dla rozwiązań z zastosowaniem betonu komórkowego okazały się wyniki pomiarów radonu wewnątrz budynków wykonanych z betonu komórkowego oraz dla porównania w budynkach z innych materiałów budowlanych. Program badań został zrealizowany przez COBRPB CEBET (obecnie ICI MB CBB CEBET) we współpracy z Centralnym Laboratorium Ochrony Radiologicznej (CLOR). Wytypowano sześć grup budynków, po dziesięć w każdej grupie, różnią-


Rys. 1. Aktywność Ra – 226 w 1 m² ściany dla różnych materiałów ściennych

Rys. 2., tabela 4. Stężenie radonu w budynkach wykonanych z różnych materiałów budowlanych

Rodzaj materiału	Wielka płyta	Drewno	Beton kom. popiołowy	Beton kom. piaskowy	Cegła ceram.	Beton kom./cegła ceram.
Średnie stężenie (Bq/m ³)	47,0	92,3	56,7	61,2	86,2	68,2
Maks. stężenie (Bq/m ³)	108,0	172,0	99,5	134,7	116,0	127,0



nych się rodzajem materiału budowlanego, z którego wykonano ściany (tabela 4).

W wybranych budynkach wykonano pomiary stężenia radonu za pomocą metody detektorów śladowych typu CR-39 zgodnie z Instrukcją ITB nr 352/98 [6]. Zostały one umieszczone na pół roku w zamieszkałych budynkach położonych w jednym rejonie Polski (w promieniu 30–40 km). Po tym okresie detektory przekazane zostały do laboratorium, gdzie określono średnie stężenie radonu w okresie ekspozycji w poszczególnych budynkach. Wyniki pomiarów przedstawiono na rysunku 2 i w tabeli 4. Pomiary wykazały, że najwyższy średni poziom radonu (mierzony w Bq/m³) występuje w budownictwie drewnianym. Ponieważ drewno nie jest źródłem radonu, potwierdzają się wyniki badań uzyskane w innych krajach, że nie materiał jest czynnikiem decydującym o podwyższonym stężeniu radonu, lecz grunt, na którym stoi budynek, oraz łatwość infiltracji radonu z gruntu do wnętrza budynku. Budynki drewniane nie mają zwykle tak solidnych fundamentów jak murowane, co sprzyja dyfuzji radonu z podłoża do budynku.

5. Podsumowanie

Wprowadzone w Polsce wymagania i zasady kontroli promieniotwórczo-

ści naturalnej surowców i wyrobów budowlanych zapewniają spełnienie wymagań higieniczno-zdrowotnych, zarówno krajowych, jak i rekomendowanych przez Radę Unii Europejskiej.

Podkreślić należy, na podstawie kontroli prowadzonych systematycznie w kraju od 1980 roku, że betony komórkowe zarówno piaskowe, jak i popiołowe spełniają wymagania w zakresie dopuszczalnych stężeń naturalnych pierwiastków promieniotwórczych.

Udział materiałów budowlanych w stężeniu radonu w budynkach jest niewielki i wynosi około 12%. Głównym źródłem radonu (ok. 78 %) jest podłoże gruntowe, stąd ważne jest stosowanie rozwiązań zapobiegających infiltracji radonu z podłoża gruntowego do budynku.

Wysoka promieniotwórczość betonu komórkowego oraz zagrożenie promieniowaniem jonizującym zdrowia mieszkańców w budynkach z betonu komórkowego nie znajduje potwierdzenia w faktach – **jest mitem krążącym wśród części społeczeństwa [8]**. Zarówno wyniki badań stężeń naturalnych pierwiastków promieniotwórczych w betonach komórkowych (piaskowych i popiołowych), jak i wyniki stężeń radonu w budynkach z nich wykonanych na tle wyżej wymienionych pomiarów w innych

materiałach budowlanych i zrealizowanych z nich budynków wskazują, że **betony komórkowe są materiałem zdrowym i bezpiecznym z punktu widzenia ochrony radiologicznej.**

Po uwzględnieniu masy właściwej materiałów widać wyraźnie, że aktywność ścian w obiektach z rozwiązaniami z betonu komórkowego, z uwagi na jego małą gęstość, jest niższa aniżeli ścian wykonanych z innych materiałów budowlanych, w tym z powszechnie uznawanych za „najzdrowsze” wyrobów ceramicznych.

Przedstawiając wyniki badań stężeń naturalnych pierwiastków promieniotwórczych w betonach komórkowych i w innych materiałach budowlanych oraz stężeń radonu w budynkach ze ścianami wykonanymi z różnych materiałów, mamy nadzieję, że czytelnicy wyrobili sobie własne zdanie, jak to jest z promieniotwórczością betonu komórkowego na tle innych materiałów budowlanych.

BIBLIOGRAFIA

- [1] Ustawa z 7 lipca 1994 r. – Prawo budowlane (tj. Dz.U. z 2006 r. nr 156, poz. 1118 z późn. zm.)
- [2] Ustawa z 29 listopada 2000 r. – Prawo atomowe (tj. Dz.U. z 2007 r. nr 42, poz. 276 z późn. zm.)
- [3] Poradnik ITB 455/2010 Badania promieniotwórczości naturalnej wyrobów budowlanych (zastępujący Instrukcją ITB 234/2003)
- [4] Raporty z badań promieniotwórczości naturalnej wyrobów budowlanych prowadzonych przez upoważnione laboratoria (1980–2010)
- [5] Brunarski L., 2005. Budowanie z betonu komórkowego. Poradnik. Wyd. Stowarzyszenie Producentów Betonów, Warszawa, 32–34
- [6] Instrukcja ITB 352/98. Metody i warunki wykonywania pomiarów stężenia radonu w powietrzu w pomieszczeniach budynków przeznaczonych na stały pobyt ludzi. Warszawa
- [7] Clavensjö B., Åkerblom G., 1994. Radon Book. Measures against radon. Ljunglöfs Offset AB. Stockholm
- [8] Zapotoczna-Sytek G., Lubińska K., Mamont-Cieśla K., Rybarczyk T., Mit o promieniotwórczości autoklawizowanego betonu komórkowego (ABK) – jak jest naprawdę. Materiały 5. Międzynarodowej Konferencji dotyczącej ABK. Bydgoszcz 2011, s. 457–464