



**Przeprowadzenie pomiarów porównawczych  
w zakresie oznaczania izotopów cezu  $^{137}\text{Cs}$   
i strontu  $^{90}\text{Sr}$  dla placówek podstawowych  
wykonujących pomiary skażeń  
promieniotwórczych, w ramach  
monitoringu radiacyjnego kraju**

K. Wieprzowski, K.Pachocki, M.Kardaś, M.Kazimierowicz

---

**Praca finansowana przez Państwową Agencję Atomistyki  
(umowa nr 152/2025/CEZAR/67 z dnia 26.8.2025 r.)**

## Materiał referencyjny (wymagania)

Oznaczenie cezu  $^{137}\text{Cs}$  :

woda pitna: 1 – 5 Bq/dm<sup>3</sup>

Oznaczenie strontu  $^{90}\text{Sr}$  :

woda pitna: 5 – 10 Bq/dm<sup>3</sup>

# Harmonogram pracy

- 26.8.2025 r. Podpisanie trzyletniej umowy pomiędzy Państwową Agencją Atomistyki a Centralnym Laboratorium Ochrony Radiologicznej (CLOR) w Warszawie.
- Zawiadomienie placówek podstawowych o organizowanych badaniach porównawczych
- Do 2 października 2025 r. – przygotowanie materiału referencyjnego, oznaczenie stężenia promieniotwórczego  $^{137}\text{Cs}$  i  $^{90}\text{Sr}$  w przygotowanym materiale.
- Od 2 do 14 października 2025 r. odbiór próbek przez placówki. - Wykonywanie analiz przez placówki podstawowe. Przesyłanie formularzy z wynikami analiz:
  - do 5.11.2025 r. cez Cs-137 metodą spektrometrii gamma,
  - do 21.11.2025 r. cez Cs-137 metodą radiochemiczną, oraz stront Sr-90 (metodą radiochemiczną i metodą ciekłej scyntytacji).

## Harmonogram pracy

- Omówienie przebiegu pomiarów porównawczych i uzyskanych wyników podczas spotkania pt.: „Podsumowanie pomiarów porównawczych w zakresie oznaczania izotopów Cs-137 i Sr-90 dla placówek podstawowych prowadzących pomiary skażeń promieniotwórczych w ramach monitoringu radiacyjnego kraju”, do 15 grudnia 2025 r. (zgodnie z zawartą umową),
- Opracowanie i przedstawienie Dyrektorowi Centrum do Spraw Zdarzeń Radiacyjnych sprawozdania końcowego zawierającego: do 26 grudnia 2025 r. (zgodnie z zawartą umową).

# Metody pomiarowe

## ➤ METODY STOSOWANE W CLOR:

- ❖  $^{137}\text{Cs}$  – QPB 1 „Badanie sztucznej i naturalnej promieniotwórczości w próbkach żywności i próbkach środowiskowych metodą spektrometrii gamma”,  
Wydanie 11 z dnia 15.03.2022 r
- ❖  $^{90}\text{Sr}$  – QPB 8 „Oznaczanie stężenia promieniotwórczego strontu-90 w wodzie”,  
Wydanie 4 z dnia 02.01.2020 r. Jest to metoda radiochemiczna.

## ➤ METODY STOSOWANE W PLACÓWKACH PODSTAWOWYCH

- ❖ Placówki do oznaczania stężenia promieniotwórczego  $^{137}\text{Cs}$  i  $^{90}\text{Sr}$  stosowały metody wykorzystywane w swojej rutynowej pracy.
- ❖ Do oznaczania stężenia cezu Cs-137 wykorzystywały metody: spektrometryczną i radiochemiczną.
- ❖ Do oznaczania stężenia strontu Sr-90 stosowały metody: radiochemiczną oraz ciekłoscyntylacyjną.

## Przygotowanie próbek referencyjnych

**$^{137}\text{Cs}$**  – Przygotowano 5 litrowe pojemniki z próbkami wody pitnej zakwaszone do pH 1. Woda pochodziła w ujęcia wodociągowego w CLOR. Następnie pipetą Discovery Comfort dodawano po 2,36 cm<sup>3</sup> wzorcowego roztworu promieniotwórczego (o aktywności  $^{137}\text{Cs}$  –  $10,60 \pm 0,18$  Bq/g, na dzień 19.08.2022 r. 12:00). Próby wymieszano i pomierzono ich stężenia metodą spektrometrii gamma. Współczynnik zmienności wyniósł 2,1%.

**Stężenie aktywności promieniotwórczej cezu Cs-137 wyniosło:  $4,60 \pm 0,29$  Bq/dm<sup>3</sup>**

na dzień 28.8.2025 r., wynik podano z niepewnością rozszerzoną dla  $k = 2$ . Następnie próby te zostały odebrane przez placówki podstawowe.

## Przygotowanie próbek referencyjnych

**<sup>90</sup>Sr** – Przygotowano 35 litrową próbę wody pitnej, zakwaszonej do pH 1 i domieszkowaną 45 cm<sup>3</sup> roztworu promieniotwórczego <sup>90</sup>Sr o stężeniu promieniotwórczym  $5,88 \pm 0,14$  Bq/g, na dzień 20.12.2023 r. Rozwór strontu Sr-90 dodawano pipetą Discovery Comfort. Próbę wymieszano mechanicznie i pozostawiono na 24 godziny, po czym ponownie wymieszano. Z tak przygotowanego roztworu pobrano próby do weryfikacji homogenności materiału. Współczynnik zmienności wyniósł 7,7 %. Z tego roztworu pobrano także próby, które umieszczono w odpowiednich pojemnikach: 3 próby o pojemności 5 litrów, i jedna próba 3-litrowa. Próby te zostały odebrane przez 4 placówki podstawowe.

**Stężenie aktywności promieniotwórczej strontu Sr-90 wyniosło:  $7,27 \pm 0,67$  Bq/dm<sup>3</sup>**

na dzień 28.8.2025 r., wynik podano z niepewnością rozszerzoną dla  $k = 2$ .

# Pomiary porównawcze w których uczestniczyło LARIS, CLOR

Organizator porównań (rok)	Matryca	Oznaczany izotop	Wartość zmierzona przez laboratorium Bq/dm <sup>-3</sup> i Bq/kg	Wartość referencyjna Bq/dm i Bq/kg
IChTJ/PAA (2023)	Woda pitna	Am-241	1,50 ± 0,12	1,61 ± 0,09
	mąka	Am-241	8,69 ± 0,88	8,62 ± 0,08
IChTJ/PAA (2022)	Woda powierzchniowa	Sr-90	2,97 ± 0,29	2,97 ± 0,35
IChTJ/PAA (2022)	Woda powierzchniowa	Cs-137	7,52 ± 0,32	7,46 ± 0,20
	Susz warzywny Susz warzywny znakowany		<0,2	<0,2
	Mleko w proszku		3,33 ± 0,32	3,34 ± 0,22
			3,64 ± 0,28	3,45 ± 0,35

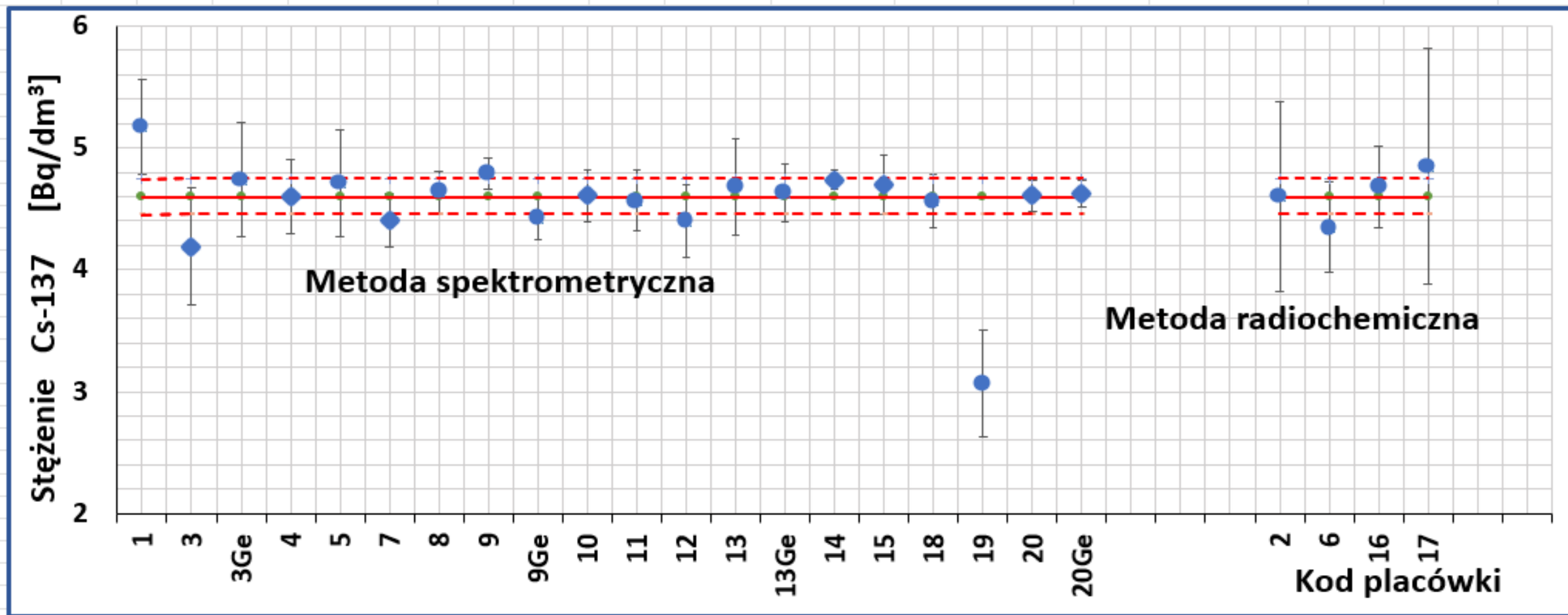
# Zestawienie wyników pomiaru stężenia promieniotwórczego $^{137}\text{Cs}$ w próbce *wody pitnej*

Spotkanie podsumowujące, 15 grudnia 2025 r.

L.p.	Wartość referencyjna stężenia promieniotwórczego $^{137}\text{Cs}$ (k=1), [Bq/dm <sup>3</sup> ]	Kod placówki	Wyniki placówek		
			Metoda spektrometryczna $^{137}\text{Cs}$ Stężenie promieniotwórcze z niepewnością (k=1) [Bq/dm <sup>3</sup> ]	Metoda radiochemiczna $^{137}\text{Cs}$ Stężenie promieniotwórcze z niepewnością (k=1) [Bq/dm <sup>3</sup> ]	
1	4,600 ± 0,145	1	5,17 ± 0,39		
2		2		4,60 ± 0,78	
3		3	4,19 ± 0,48		
4		3Ge	4,74 ± 0,47		
5		4	4,6 ± 0,3		
6		5	4,71 ± 0,12		
7		6		4,35 ± 0,37	
8		7	4,41 ± 0,22		
9		8	4,64 ± 0,17		
10		9	4,79 ± 0,13		
11		9Ge	4,42 ± 0,17		
12		10	4,61 ± 0,21		
13		11	4,57 ± 0,25		
14		12	4,40 ± 0,30		
15		13	4,68 ± 0,40		
16		13Ge	4,63 ± 0,24		
17		14	4,74 ± 0,08		
18		15	4,70 ± 0,24		
19				4,68 ± 0,33	
20			16		
21			17	4,58 ± 0,87	4,85 ± 0,97
22			18	4,56 ± 0,22	
23			19	3,07 ± 0,44	
24			20	4,61 ± 0,13	
		20Ge	4,63 ± 0,11		



# Wyniki stężenia promieniotwórczego cezu $^{137}\text{Cs}$ oznaczonego metodą spektrometryczną i radiochemiczną w próbkach wody pitnej



# Ocena biegłości placówek

Wskaźniki:

$$z = \frac{x_{lab} - X_{ref}}{\sigma}$$

$$zeta = \frac{|x_{lab} - X_{ref}|}{\sqrt{U_{lab}^2 + U_{ref}^2}}$$

$$E_n = \frac{|x_{lab} - X_{ref}|}{\sqrt{U_{lab}^2 + U_{ref}^2}}$$

$|z| < 2$  wynik zadowalający

$2 < |z| < 3$  wynik wątpliwy

$|z| > 3$  wynik niezadowalający

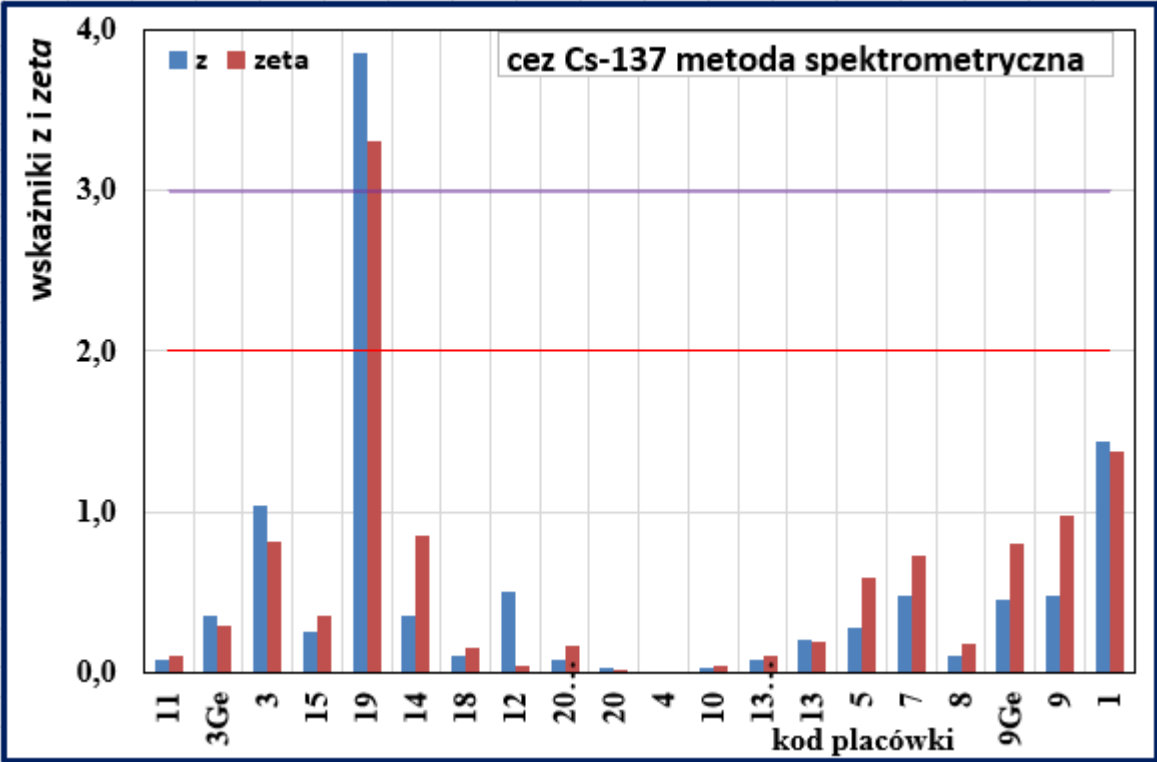
$E_n \leq 1$  – wynik zadowalający

$E_n > 1$  – wynik niezadowalający

# Wskaźniki z i zeta

- oznaczenie  $^{137}\text{Cs}$  - metoda spektrometryczna

- woda pitna



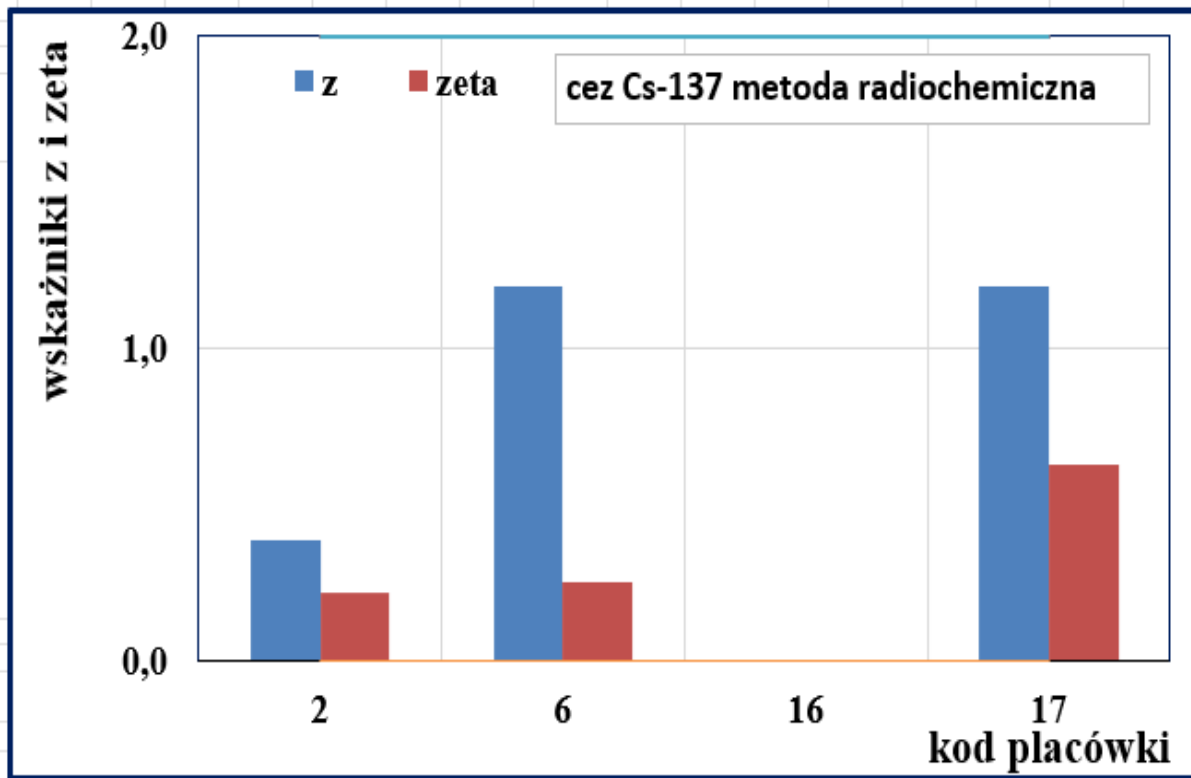
L.p.	Wartość referencyjna stężenia promieniotwórczego $^{137}\text{Cs}$ (k=1), [Bq/dm <sup>3</sup> ]	Kod placówki	Oznaczone przez placówkę stężenie promieniotwórcze z niepewnością (k=1) [Bq/dm <sup>3</sup> ]	z	zeta	
1	4,600 ± 0,145	11	4,57	0,25	0,1	
2		3Ge	4,74	0,47	0,4	0,3
3		3	4,19	0,48	1,0	0,8
4		15	4,7	0,24	0,3	0,4
5		19	3,07	0,44	3,9	3,3
6		14	4,74	0,08	0,4	0,8
7		18	4,56	0,22	0,1	0,2
8		12	4,40	0,30	0,5	0,6
9		20Ge	4,63	0,11	0,1	0,2
10		20	4,61	0,13	0,0	0,0
11		4	4,6	0,3	0,0	0,0
12		10	4,61	0,21	0,0	0,0
13		13Ge	4,63	0,24	0,1	0,1
14		13	4,68	0,40	0,2	0,2
15		5	4,71	0,12	0,3	0,6
16		7	4,41	0,22	0,5	0,7
17		8	4,64	0,17	0,1	0,2
18		9Ge	4,42	0,17	0,5	0,8
19		9	4,79	0,13	0,5	1,0
20		1	5,17	0,39	1,4	1,4
21		16R	4,68	0,33	0,4	0,2
22		17R	4,85	0,97	1,2	0,3
23		2R	4,60	0,78	0,0	0,0
24		6R	4,35	0,37	1,2	0,6

Spotkanie podsumowujące, 15 grudnia 2025 r.

# Wskaźniki z i zeta

- oznaczenie  $^{137}\text{Cs}$  - metoda radiochemiczna

- woda pitna

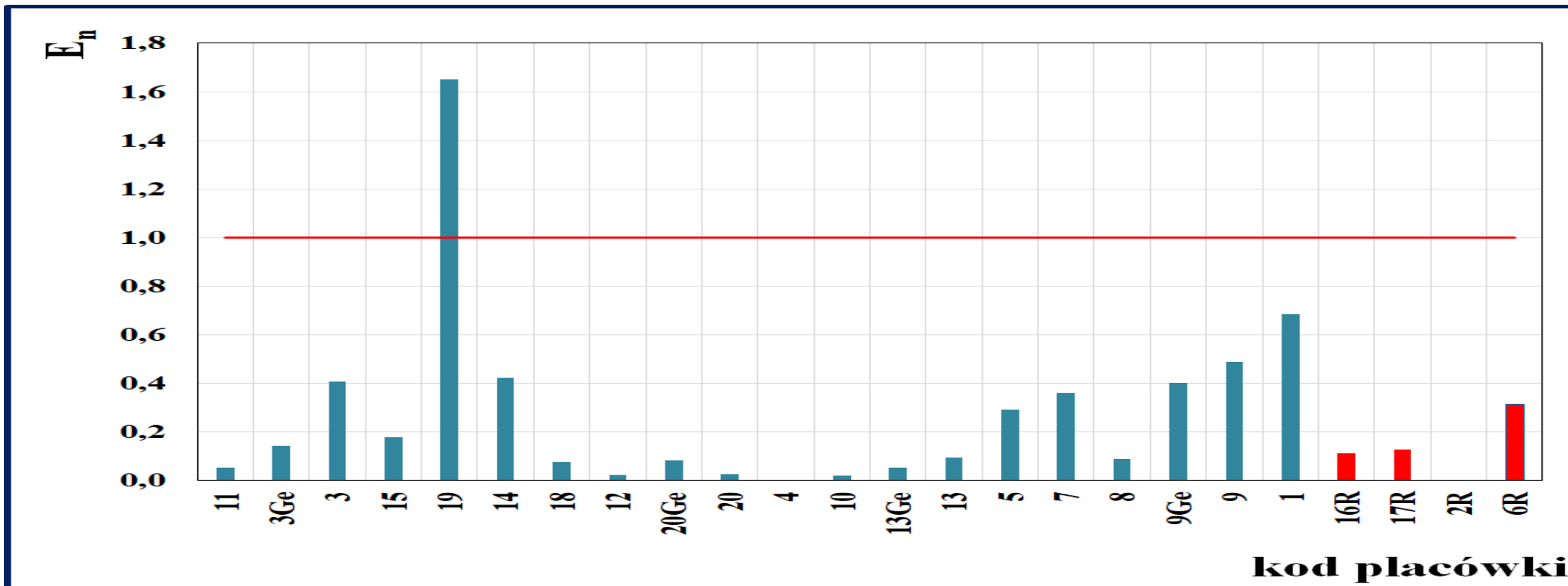


L.p.	Wartość referencyjna stężenia promieniotwórczego $^{137}\text{Cs}$ (k=1), [Bq/dm <sup>3</sup> ]	Kod placówki	Oznaczone przez placówkę stężenie promieniotwórcze z niepewnością (k=1) [Bq/dm <sup>3</sup> ]		z	zeta
1	4,600 ± 0,145	11	4,57	0,25	0,1	0,1
2		3Ge	4,74	0,47	0,4	0,3
3		3	4,19	0,48	1,0	0,8
4		15	4,7	0,24	0,3	0,4
5		19	3,07	0,44	3,9	3,3
6		14	4,74	0,08	0,4	0,8
7		18	4,56	0,22	0,1	0,2
8		12	4,40	0,30	0,5	0,6
9		20Ge	4,63	0,11	0,1	0,2
10		20	4,61	0,13	0,0	0,0
11		4	4,6	0,3	0,0	0,0
12		10	4,61	0,21	0,0	0,0
13		13Ge	4,63	0,24	0,1	0,1
14		13	4,68	0,40	0,2	0,2
15		5	4,71	0,12	0,3	0,6
16		7	4,41	0,22	0,5	0,7
17		8	4,64	0,17	0,1	0,2
18		9Ge	4,42	0,17	0,5	0,8
19		9	4,79	0,13	0,5	1,0
20		1	5,17	0,39	1,4	1,4
21		16R	4,68	0,33	0,4	0,2
22		17R	4,85	0,97	1,2	0,3
23		2R	4,60	0,78	0,0	0,0
24		6R	4,35	0,37	1,2	0,6

Spotkanie podsumowujące, 15 grudnia 2025 r.



# Liczba $E_n$ oznaczanie cezu $^{137}\text{Cs}$ - metoda spektrometryczna i radiochemiczna – woda pitna



# Ocena dokładności

Poprawność

$$|x_{lab} - X_{ref}| \leq 2,58 \times \sqrt{U_{lab}^2 + U_{ref}^2}$$

Precyzja

$$\sqrt{\frac{U_{lab}^2}{x_{lab}} + \frac{U_{ref}^2}{X_{ref}}} \times 100\% < 25\% \quad \text{dla cezu Cs-137}$$

<30% dla strontu Sr-90

Wynik jest akceptowany jeżeli spełnia obydwa kryteria

# Ocena poprawności i precyzji oznaczanie **cezu** $^{137}\text{Cs}$ - metoda spektrometryczna i **radiochemiczna** - woda pitna

L.p.	Kod placówki	$ X_{\text{ref}} - X_{\text{lab}} $ [Bq/dm <sup>3</sup> ]	Poprawność	Akceptacja	Precyzja	Wartość krytyczna	Akceptacja	Status końcowy
1	11	0,03	0,75	+	6,31	25	+	+
2	3Ge	0,14	1,27	+	10,40		+	+
3	3	0,41	1,29	+	11,88		+	+
4	15	0,10	0,72	+	6,00		+	+
5	19	1,53	1,20	-	14,67		+	-
6	14	0,14	0,43	+	3,58		+	+
7	18	0,04	0,68	+	5,76		+	+
8	12	0,20	0,86	+	7,51		+	+
9	20Ge	0,03	0,47	+	3,95		+	+
10	20	0,01	0,50	+	4,23		+	+
11	4	0,00	0,86	+	7,24		+	+
12	10	0,01	0,66	+	5,54		+	+
13	13Ge	0,03	0,72	+	6,07		+	+
14	13	0,08	1,10	+	9,11		+	+
15	5	0,11	0,49	+	4,05		+	+
16	7	0,19	0,68	+	5,90		+	+
17	8	0,04	0,58	+	4,83		+	+
18	9Ge	0,18	0,58	+	4,97		+	+
19	9	0,19	0,50	+	4,16		+	+
20	1	0,57	1,07	+	8,18		+	+
21	16R	0,08	0,93	+	7,72		+	+
22	17R	0,25	2,53	+	20,25		+	+
23	2R	0,00	2,05	+	17,25		+	+
24	6R	0,25	1,03	+	9,07		+	+

R - oznaczenie metodą radiochemiczna



# Wyniki i ocena wyników stężenia promieniotwórczego **strontu <sup>90</sup>Sr** oznaczonego metodą radiochemiczną w próbach wody - wskaźniki $z$ i $zeta$ oraz liczba $En$

Wartość referencyjna stężenia promieniotwórczego <sup>137</sup> Cs (k=1), [Bq/dm <sup>3</sup> ]	Kod placówki	Oznaczone przez placówkę stężenie promieniotwórcze z niepewnością (k=1) [Bq/dm <sup>3</sup> ]		z	zeta	Liczba En
7,270 ± 0,335	15R	7,9	1,2	0,6	0,5	0,3
	17R	5,78	1,41	1,4	1,0	0,5
	4LSC	7,25	0,84	0	0	0

# Ocena poprawności i precyzji wyników pomiaru stężenia promieniotwórczego **strontu <sup>90</sup>Sr** w próbkach wody pitnej (metoda radiochemiczna i ciekłoscyntylacyjna)

L.p.	Kod placówki	$ x_{\text{ref}} - x_{\text{lab}} $ [Bq/dm <sup>3</sup> ]	Poprawność	Akceptacja	Precyzja	Wartość krytyczna	Akceptacja	Status końcowy
1	15R	0,63	3,21	+	15,87	30	+	+
2	17R	1,49	3,74	+	24,83		+	+
3	4LSC	0,02	2,33	+	12,47		+	+

R – metoda radiochemiczna

LSC – metoda ciekłoscyntylacyjna

# Podsumowanie przeprowadzonych w 2025 roku pomiarów porównawczych w zakresie oznaczania izotopów $^{137}\text{Cs}$ i $^{90}\text{Sr}$ dla placówek podstawowych wykonujących pomiary skażeń promieniotwórczych w ramach monitoringu radiacyjnego kraju

W 2025 roku nadesłano 20 wyników oznaczeń **cezu Cs-137** metodą spektrometryczną i 4 metodą radiochemiczną. Niektóre z placówek dokonały pomiarów na dwóch niezależnych układach pomiarowych. Poza jedną placówką, wszystkie pozostałe, uzyskały satysfakcjonujący status końcowy. Brak akceptacji statusu końcowego dotyczy oznaczania stężenia cezu Cs-137 metodą spektrometryczną

3 placówki przysłały wyniki pomiarów stężenia **strontu Sr-90**. 2 placówki wykonały pomiary metodą radiochemiczną, natomiast trzecia placówka metodą ciekłej scyntylicacji. Wyniki pomiarów porównawczych w zakresie oznaczania  $^{90}\text{Sr}$  były bardzo dobre. Wszystkie trzy placówki, które przysłały wyniki, spełniły wszystkie wymagania stawiane przez organizatorów w tym porównaniu i dlatego uzyskały zadowalający status końcowy.

## **Podsumowanie przeprowadzonych w 2025 roku pomiarów porównawczych w zakresie oznaczania izotopów $^{137}\text{Cs}$ i $^{90}\text{Sr}$ dla placówek podstawowych wykonujących pomiary skażeń promieniotwórczych w ramach monitoringu radiacyjnego kraju**

Laboratoria dowiodły swoich wysokich kompetencji. Przy ocenie należy pamiętać, że z powodu bardzo późnego podpisania umowy w tym roku, czas na wykonanie poszczególnych analiz był skrócony. Na 27 wszystkich analiz, ze wszystkich metod, dla obu oznaczanych izotopów, tylko 1 wynik został nie zaakceptowany.

**Dziękuję za uwagę**

