



Monitoring gazów szlachetnych w Warszawie i Świerku (2015 – 2025)

Seminarium sprawozdawcze za 2025 rok

- ✓ Olga Stawarz
- ✓ Krzysztof Isajenko
- ✓ Barbara Piotrowska
- ✓ Anita Kielbasińska
- ✓ Marcin Kozdój
- ✓ Sławomir Przeździecki

Finansowanie

Pobory gazów szlachetnych w Warszawie w 2025 roku – finansowanie ze środków własnych.

Pobory gazów szlachetnych w otoczeniu NCBJ w Świerku w 2025 roku – finansowanie przez Państwową Agencję Atomistyki na podstawie Umowy nr 138/2025/CEZAR z dnia 22 sierpnia 2025 r., której przedmiotem było wykonanie kompleksowych pomiarów służących do oceny sytuacji radiacyjnej w otoczeniu Krajowego Składowiska Odpadów Promieniotwórczych w Róźnie oraz wokół Narodowego Centrum Badań Jądrowych w Świerku.

Pomiary gazów szlachetnych we wszystkich próbkach pobranych przez Zakład Dozymetrii CLOR – finansowanie na podstawie porozumienia między CLOR a Instytutem Bundesamt für Strahlenschutz (BfS), Freiburg, Niemcy.

Radioaktywne gazy szlachetne (krypton, ksenon) znajdujące się w atmosferze ziemskiej pochodzą niemal wyłącznie z działalności człowieka, a ich obecność jest wynikiem rozszczepienia jąder uranu i plutonu.

Krypton ^{85}Kr (okres połowicznego zaniku - 10,74 lat)

Główne źródła Kr-85 w atmosferze:

- przemysł jądrowy - Kr-85 jest produktem rozszczepienia jąder U-235 i Pu-239, jest uwalniany do atmosfery głównie podczas przerobu zużytego paliwa jądrowego w elektrowniach jądrowych i zakładach produkcyjnych.
- dawne testy broni jądrowej
- awarie jądrowe, incydenty w reaktorach jądrowych

Ksenon ^{133}Xe (okres połowicznego zaniku - 5,248 dni)

Źródła Xe-133 w atmosferze:

- elektrownie jądrowe – podczas pracy reaktorów, w wyniku rozszczepienia paliwa, powstają produkty gazowe, w tym Xe-133, który w niewielkich ilościach może być uwalniany do atmosfery
- zakłady przetwarzające wypalone paliwo jądrowe lub produkujące izotopy do celów medycznych uwalniają ksenon jako produkt uboczny
- medycyna nuklearna – np. diagnostyka wentylacji płuc – ksenon przedostaje się do atmosfery wraz z wydychanym powietrzem
- awaryjne uwolnienia - incydenty w elektrowniach jądrowych (np. Czarnobyl)

Ksenon ^{131m}Xe (okres połowicznego zaniku - 11,84 dni)

Źródła Xe-131m w atmosferze:

- produkcja izotopów medycznych - reaktory badawcze produkujące Mo-99, z którego powstają inne izotopy używane w diagnostyce obrazowej
- reaktory jądrowe (elektrownie) – Xe-131m powstaje jako produkt uboczny w procesie rozszczepienia; niewielkie, kontrolowane ilości mogą być uwalniane podczas pracy reaktorów lub przy ich serwisowaniu
- przetwarzanie paliwa jądrowego - zakłady zajmujące się recyklingiem zużytego paliwa jądrowego również uwalniają gazy szlachetne, w tym izotopy ksenonu.

Cel monitoringu radioaktywnych gazów szlachetnych:

- ochrona radiologiczna ludności i środowiska - po uwolnieniu do atmosfery gazy te stanowią źródło promieniowania beta i gamma
- wczesne wykrywanie awarii jądrowych - radioaktywne gazy szlachetne są pierwszymi produktami rozszczepienia, które wydostają się z uszkodzonych prętów paliwowych, ich szybkie wykrycie pozwala na natychmiastową reakcję w przypadku awarii
- weryfikacja traktatów o zakazie prób jądrowych
- badania środowiskowe.



Aparatura do poboru gazów szlachetnych



Próbki powietrza zawierające radioaktywne gazy szlachetne przesyłane są do Instytutu BfS we Freiburgu (po dwa pojemniki MINICAN na każdy pobór). W BfS wykonywane są pomiary stężeń kryptonu ^{85}Kr oraz ksenonu $^{131\text{m}}\text{Xe}$ i ^{133}Xe .

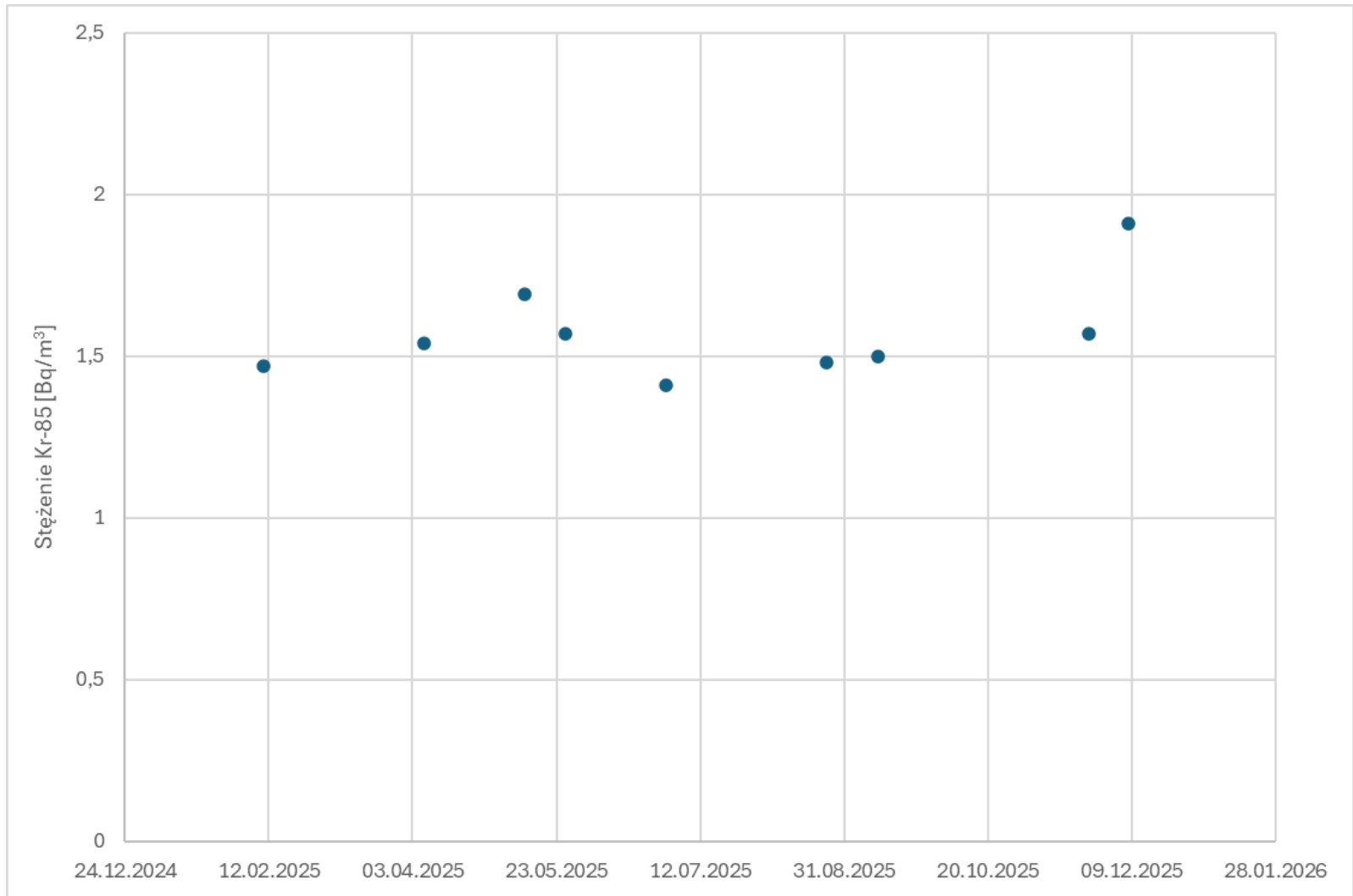
Wyniki pomiarów stężenia kryptonu ^{85}Kr - dla poborów w Warszawie (CLOR) w roku 2025

Okres poboru	Wielkość próbki [ml]	Stężenie Kr-85 [Bq/m ³]	Niepewność [%]	LLD [Bq/m ³]
13 - 20.01.2025	-	-	-	-
10 - 17.02.2025	3,37	1,47	3,4	$4,68 \cdot 10^{-3}$
17 - 24.03.2025	-	-	-	-
07 - 14.04.2025	2,21	1,54	3,3	$5,09 \cdot 10^{-3}$
12 - 19.05.2025	2,04	1,69	5,9	$6,41 \cdot 10^{-3}$
26.05. - 02.06.2025	2,34	1,57	3,2	$5,47 \cdot 10^{-3}$
30.06. - 07.07.2025	1,72	1,41	3,3	$6,24 \cdot 10^{-3}$
25.08. - 01.09.2025	0,12	1,48	3,2	$2,02 \cdot 10^{-2}$
12 - 15.09.2025	2,82	1,50	3,3	$1,21 \cdot 10^{-3}$
20 - 27.10.2025	-	-	-	-
24.11. - 01.12.2025	2,99	1,57	3,2	$4,65 \cdot 10^{-3}$
08 - 15.12.2025	3,32	1,91	3,1	$4,15 \cdot 10^{-3}$

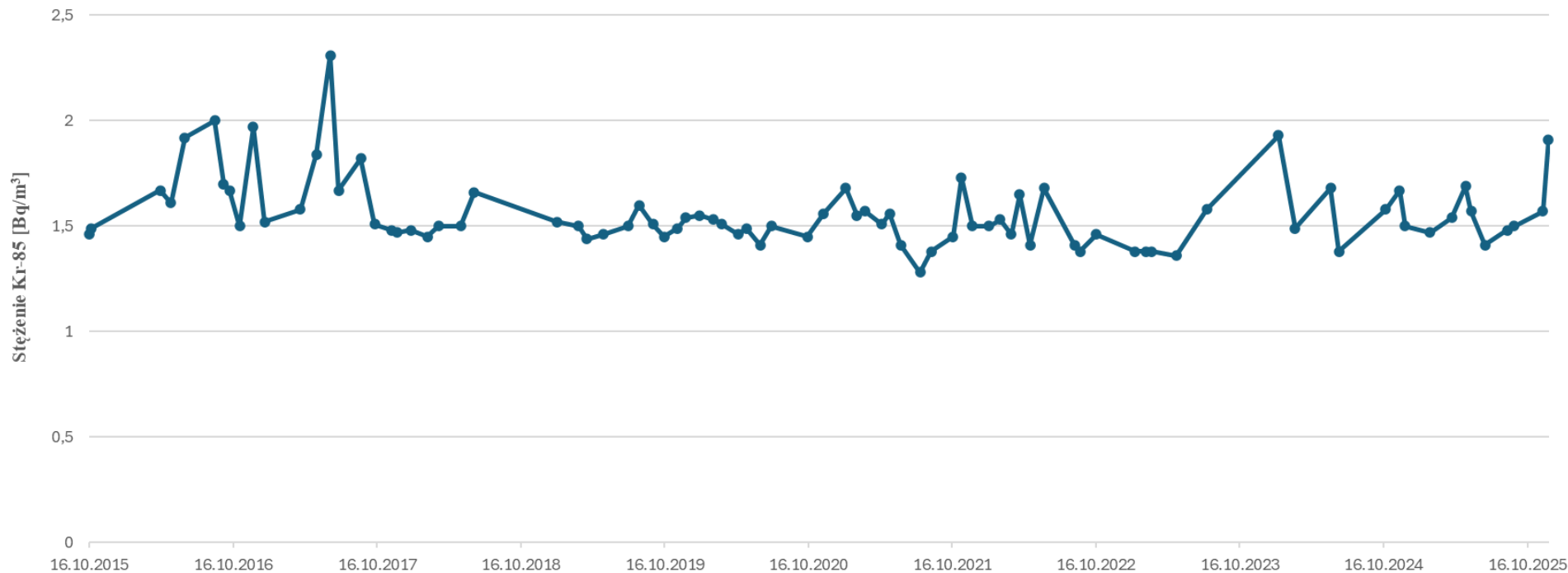
wartość średnia: $1,57 \pm 0,15$ [Bq/m³]

zakres: 1,41 – 1,91 [Bq/m³]

Stężenie kryptonu ^{85}Kr w powietrzu w Warszawie (CLOR) - rok 2025



Stężenie kryptonu ^{85}Kr w powietrzu w Warszawie (CLOR) w latach 2015 - 2025



Wyniki pomiarów stężenia ksenonu ^{133}Xe - dla poborów w Warszawie (CLOR) w roku 2025

Okres poboru	Wielkość próbki [ml]	Stężenie Xe-133 [Bq/m ³]	Niepewność [%]	LLD [Bq/m ³]
13 - 20.01.2025	0,02	-	-	$1,34 \cdot 10^{-2}$
10 - 17.02.2025	0,64	$1,04 \cdot 10^{-3}$	16,0	$4,25 \cdot 10^{-4}$
17 - 24.03.2025	0,06	-	-	$4,30 \cdot 10^{-3}$
07 - 14.04.2025	0,53	-	-	$4,54 \cdot 10^{-4}$
12 - 19.05.2025	0,21	-	-	$1,33 \cdot 10^{-3}$
26.05. - 02.06.2025	0,58	$2,99 \cdot 10^{-4}$	50,8	$4,79 \cdot 10^{-4}$
30.06. - 07.07.2025	0,20	-	-	$1,54 \cdot 10^{-3}$
25.08. - 01.09.2025	0,26	-	-	$1,22 \cdot 10^{-3}$
12 - 15.09.2025	0,35	-	-	$5,67 \cdot 10^{-4}$
20 - 27.10.2025	0,31	-	-	$8,18 \cdot 10^{-4}$
24.11. - 01.12.2025	0,31	-	-	$1,59 \cdot 10^{-3}$
08 - 15.12.2025	0,56	$6,57 \cdot 10^{-4}$	25,2	$4,78 \cdot 10^{-4}$

zakres: $2,99 \cdot 10^{-4}$ – $1,04 \cdot 10^{-3}$ [Bq/m³]

Wyniki pomiarów stężenia ksenonu ^{131m}Xe - dla poborów w Warszawie (CLOR) w roku 2025

Okres poboru	Stężenie Xe-131m [Bq/m^3]	Niepewność [%]	LLD [Bq/m^3]
13 - 20.01.2025	-	-	$4,45 \cdot 10^{-3}$
10 - 17.02.2025	$6,48 \cdot 10^{-3}$	6,0	$2,26 \cdot 10^{-4}$
17 - 24.03.2025	-	-	$1,67 \cdot 10^{-3}$
07 - 14.04.2025	$1,07 \cdot 10^{-4}$	54,4	$1,87 \cdot 10^{-4}$
12 - 19.05.2025	-	-	$4,28 \cdot 10^{-4}$
26.05. - 02.06.2025	-	-	$1,87 \cdot 10^{-4}$
30.06. - 07.07.2025	-	-	$5,51 \cdot 10^{-4}$
25.08. - 01.09.2025	$6,45 \cdot 10^{-4}$	25,0	$4,24 \cdot 10^{-4}$
12 - 15.09.2025	$2,52 \cdot 10^{-3}$	8,7	$2,50 \cdot 10^{-4}$
20 - 27.10.2025	$1,30 \cdot 10^{-3}$	13,1	$3,00 \cdot 10^{-4}$
24.11. - 01.12.2025	$8,02 \cdot 10^{-4}$	24,3	$5,60 \cdot 10^{-4}$
08 - 15.12.2025	-	-	$2,24 \cdot 10^{-4}$

zakres: $1,07 \cdot 10^{-4} - 6,48 \cdot 10^{-3}$ [Bq/m^3]

Pobór gazów szlachetnych w otoczeniu Narodowego Centrum Badań Jądrowych w Świerku (2025)

Data poboru	22.09.2025 r.	06.10.2025 r.
Typ adsorbera	kolumna z węglem aktywnym	
Godz. rozpoczęcia poboru	8:20	8:40
Godz. zakończenia poboru	15:13	15:17
Czas poboru gazów szlachetnych	6 h 53 min.	6 h 37 min.
Początkowa prędkość przepływu powietrza przez adsorber	90 litrów/h	90 litrów/h
Końcowa prędkość przepływu powietrza przez adsorber	90 litrów/h	90 litrów/h
Całkowity przepływ powietrza przez adsorber	0,62 m ³	0,60 m ³

Miejsce poboru gazów szlachetnych w otoczeniu NCBJ w Świerku w dniu 22.09.2025



(źródło://www.google.pl/maps)

Miejsce poboru gazów szlachetnych w otoczeniu NCBJ w Świerku w dniu 06.10.2025



(źródło://www.google.pl/maps)

Wyniki pomiarów stężeń radioaktywnych gazów szlachetnych pobranych w otoczeniu Narodowego Centrum Badań Jądrowych w Świerku (2025)

Data poboru	Izotop	Stężenie aktywności [Bq/m ³]	Granica detekcji [Bq/m ³]	Wartość średnia stężenia aktywności [Bq/m ³]
22.09.2025 06.10.2025	⁸⁵ Kr	2,16 ± 0,13 1,56 ± 0,05	79 · 10 ⁻³ 9 · 10 ⁻³	1,86 ± 0,26
22.09.2025 06.10.2025	^{131m} Xe	< 3,28 · 10 ⁻³ 14,0 ± 2,8	3,28 · 10 ⁻³ 4,87 · 10 ⁻³	7,0 ± 6,1
22.09.2025 06.10.2025	¹³³ Xe	< 7,83 · 10 ⁻³ < 5,23 · 10 ⁻³	7,83 · 10 ⁻³ 5,23 · 10 ⁻³	< (6,53 ± 1,13) · 10 ⁻³

Podsumowanie

- ✓ wartość średnia stężenia kryptonu ^{85}Kr w powietrzu w Warszawie w 2025 r. wyniosła $1,57 \pm 0,15$ [Bq/m^3], stężenia mieściły się w zakresie od 1,41 do 1,91 [Bq/m^3]
- ✓ wartości maksymalne stężenia izotopów ksenonu w powietrzu Warszawie (2025 rok) wynosiły odpowiednio: $1,04 \pm 0,17$ mBq/m^3 dla ^{133}Xe i $6,48 \pm 0,39$ mBq/m^3 dla $^{131\text{m}}\text{Xe}$
- ✓ stężenia kryptonu ^{85}Kr określonego dla poborów w Warszawie w 2025 roku są porównywalne z wartościami stężeń otrzymywanymi od 2015 roku
- ✓ w powietrzu pobranym w otoczeniu NCBJ w Świerku w 2025 roku maksymalne wartości stężeń wyniosły odpowiednio: $2,16 \pm 0,13$ Bq/m^3 dla ^{85}Kr (wartość niewiele wyższa od maksymalnego stężenia dla powietrza pobranego w Warszawie) oraz $14,0 \pm 2,8$ Bq/m^3 dla $^{131\text{m}}\text{Xe}$ (najwyższa wartość, jaką otrzymano dla tej lokalizacji od 2016 r.)
- ✓ wartości stężenia kryptonu ^{85}Kr w Polsce utrzymują się na poziomie podobnym, jak w innych krajach europejskich
- ✓ dla porównania stężenie kryptonu ^{85}Kr w powietrzu po awarii EJ w Czarnobylu (1986) i w Fukushima (2011) było 10^{16} razy większe
- ✓ monitoring gazów szlachetnych w powietrzu stanowi ważny aspekt monitoringu środowiska, zwłaszcza w kontekście rozwijającej się w Polsce energetyki jądrowej

DZIĘKUJĘ ZA UWAGĘ!!!

