



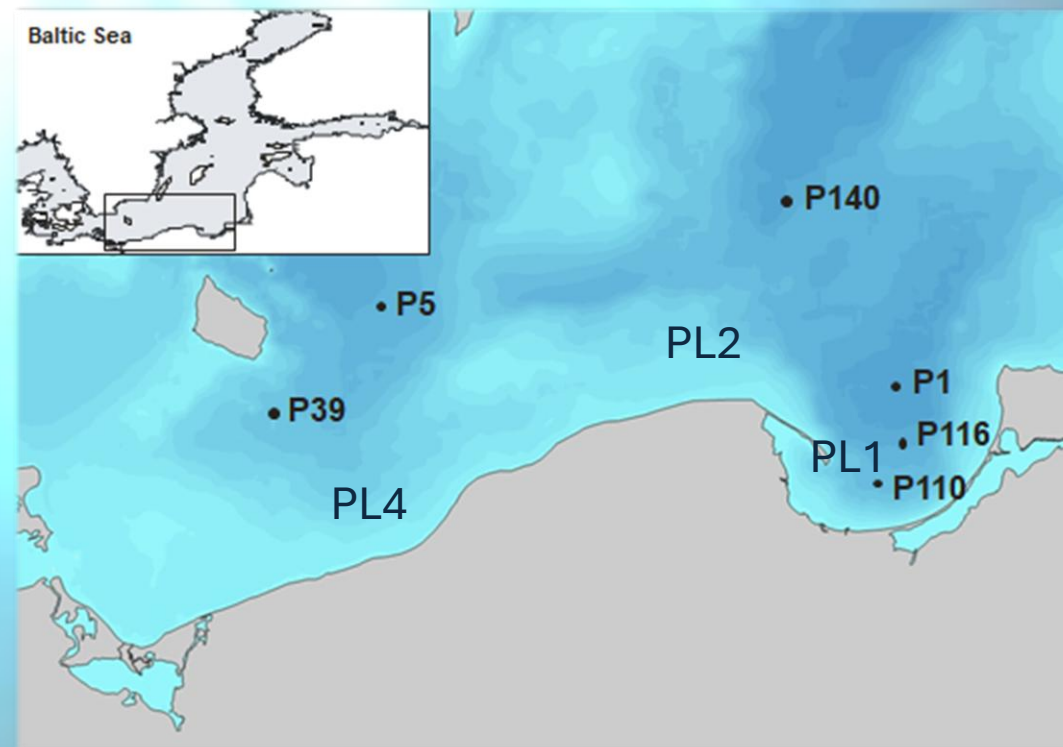
***Pomiary skażeń promieniotwórczych w próbkach wody,
osadów dennych i ryb w ramach prowadzonego
monitoringu skażeń promieniotwórczych Morza
Bałtyckiego***

M. Dziubałtowska, A. Ciećwierska, A. Fulara, M. Kardaś, M. Kazimierowicz, K. Trzpil

*Praca została zrealizowana zgodnie z umową z Państwową Agencją Atomistyki o numerze
62/2025/CEZAR*

Badania były prowadzone zgodnie z
wymaganiami Państwowej Agencji
Atomistyki:

- o Rekomendacja HELCOM 26/3
- o ^{90}Sr w osadach dennych
- o ^3H i ^{226}Ra w wodzie



*Monitoring Morza Bałtyckiego pod auspicjami HELCOMU prowadzony jest w Centralnym Laboratorium
Ochrony Radiologicznej od 1985 roku*

Pomiary skażeń promieniotwórczych w wodzie morskiej

Oznaczenia w wodzie morskiej przeprowadzono dla sześciu stacji badawczych, znajdujących się w: Zatoce Gdańskiej (P110, P116), Głębi Gdańskiej (P1), Basenie Gotlandzkim (P140) oraz Basenie Bornholmskim (P5, P39). Na każdej stacji pobrano po 10 dm³ wody powierzchniowej oraz przydennej. W każdej próbie oznaczono radionuklidy:

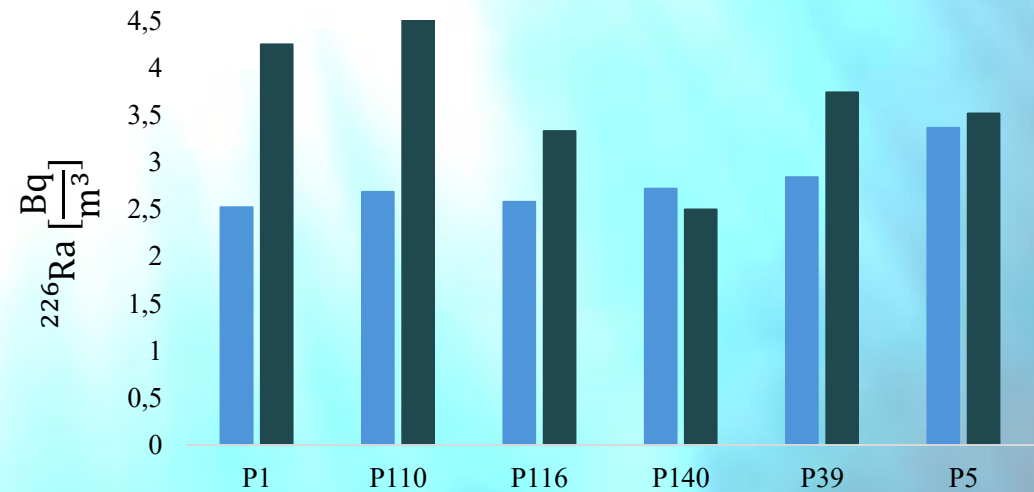
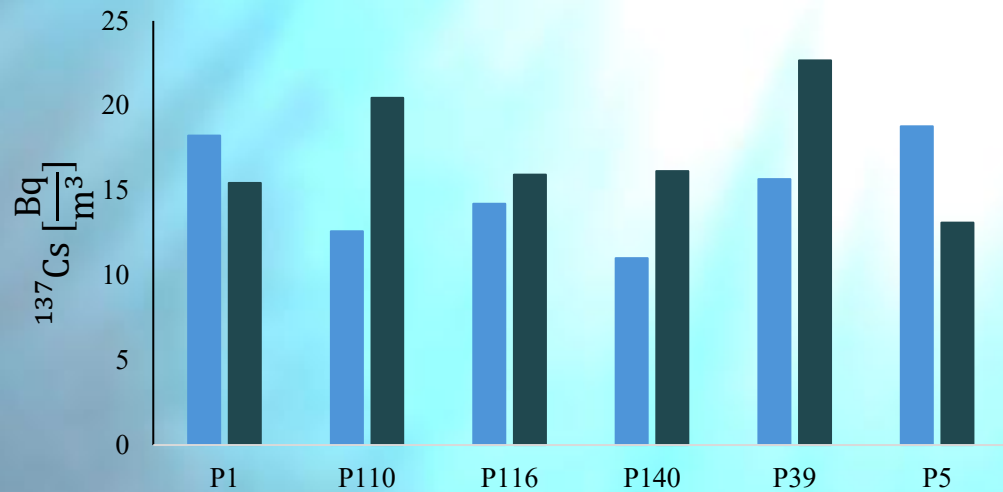


1. ^{137}Cs oraz ^{40}K - metodą spektrometrii gamma
2. ^{226}Ra - metodą emanacyjną, poprzez pomiar aktywności ^{222}Rn i jego krótkożyciowych produktów rozpadu metodą scyntylicyjną
3. ^3H - za pomocą spektrometrii LSC

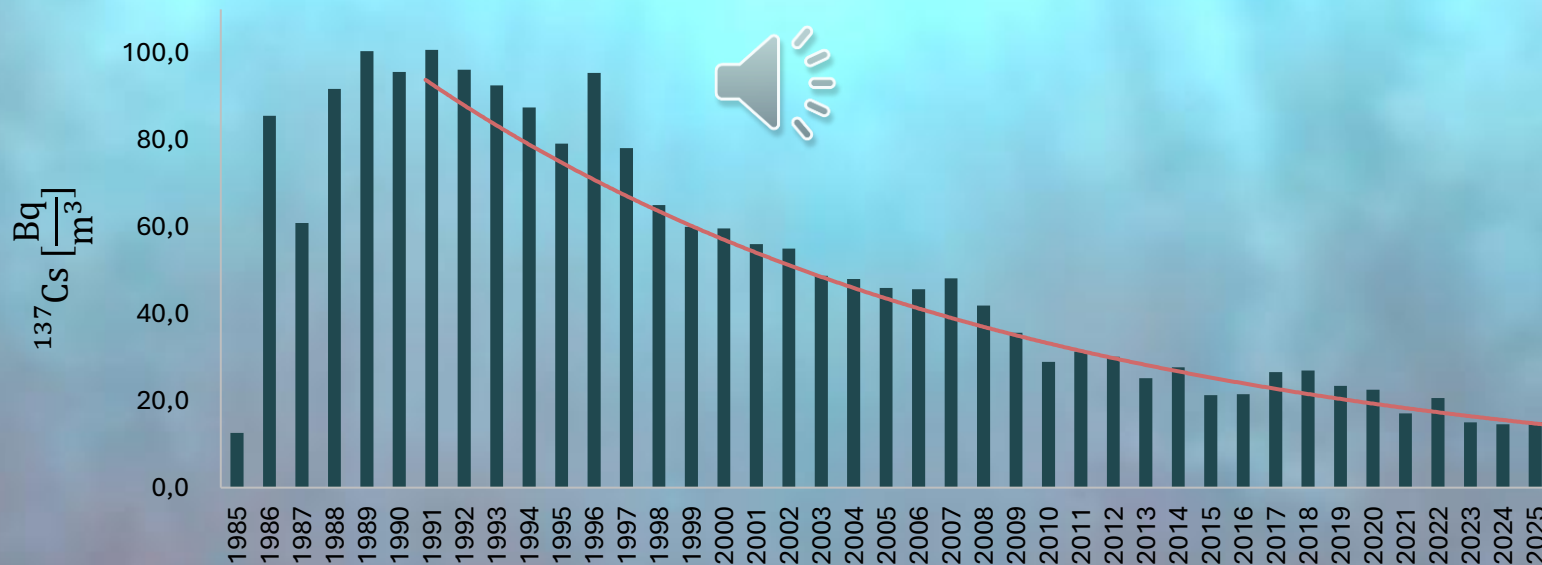
Oznaczone stężenia promieniotwórcze ^{137}Cs , ^{40}K oraz ^{226}Ra w próbkach wody morskiej w 2025 roku

Stacja	Data poboru	Współrzędne geograficzne	Głębokość [m]	Zasolenie [PSU]	^{137}Cs [$\text{Bq} \cdot \text{m}^{-3}$]	^{40}K [$\text{Bq} \cdot \text{m}^{-3}$]	^{226}Ra [$\text{Bq} \cdot \text{m}^{-3}$]
P110	16.06.2025	54°30,0'N 19°06,8'E	0	7.156	12.6 ± 3.9	2500 ± 169	2.69 ± 0.48
			69	10.928	20.5 ± 3.8	4054 ± 254	4.88 ± 0.84
P116	16.06.2025	54°39,1'N 19°17,6'E	0	7,522	14.2 ± 3.6	2591 ± 160	2.58 ± 0.55
			87	11,494	15.9 ± 5.0	4299 ± 274	3.33 ± 0.51
P5	13.06.2025	55°14,0'N 15°59,0'E	0	7,770	18.8 ± 4.0	2782 ± 350	3.37 ± 0.63
			85	15,711	13.1 ± 4.0	5936 ± 290	3.52 ± 0.73
P39	14.06.2025	55°33,3'N 18°23,0'E	0	7,681	15.7 ± 4.9	2764 ± 175	2.84 ± 0.53
			62	13,912	22.7 ± 4.9	5014 ± 278	3.74 ± 0.64
P140	12.06.2025	55°33,3'N 18°23,0'E	0	7,505	11.0 ± 3.5	2658 ± 172	2.72 ± 0.58
			87	10,677	16.2 ± 4.3	3837 ± 268	2.50 ± 0.50
P1	11.06.2025	54°50,0'N 19°19,0'E	0	7,556	18.2 ± 3.8	2709 ± 161	2.52 ± 0.46
			106	11.795	15.4 ± 4.2	4443 ± 280	4.25 ± 0.67

Stężenia promieniotwórcze ^{137}Cs oraz ^{226}Ra na stacjach zlokalizowanych w południowym rejonie Morza Bałtyckiego



Średnie stężenie promieniotwórcze ^{137}Cs w wodzie powierzchniowej Morza Bałtyckiego na przestrzeni lat 1985-2025

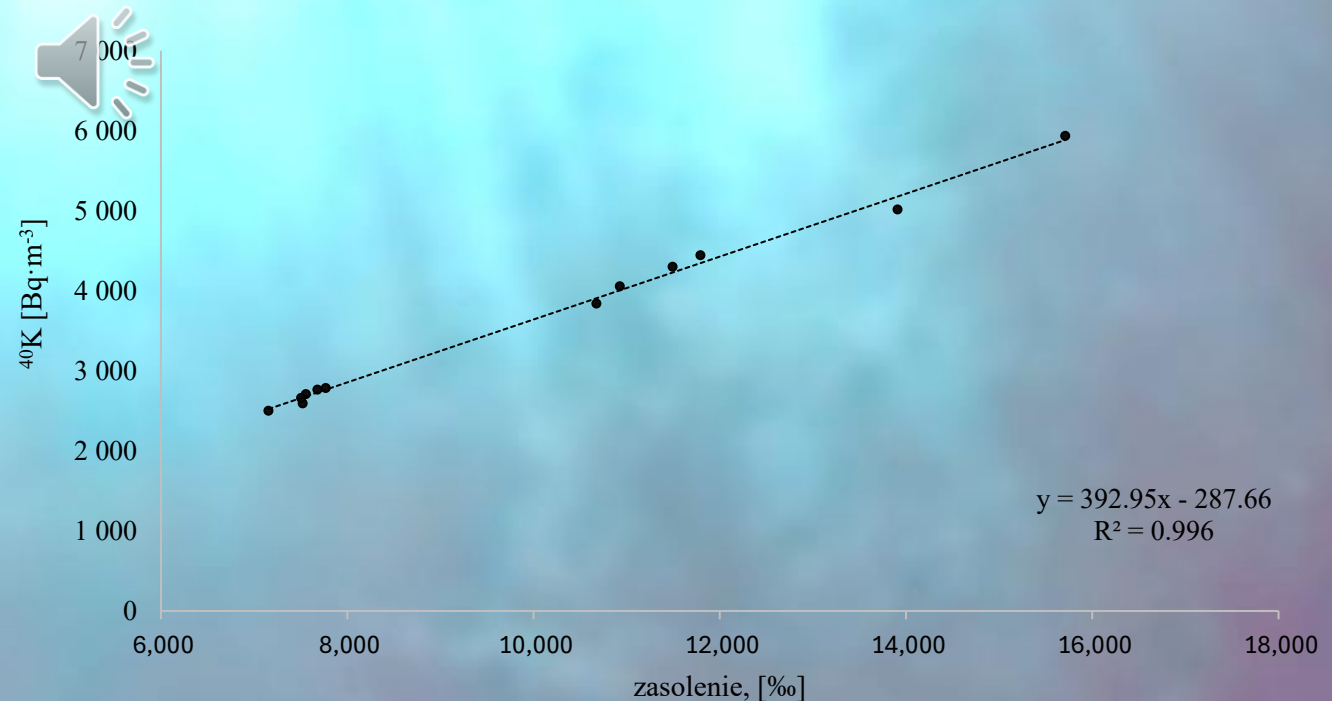


Zależność stężenia promieniotwórczego ^{40}K od zasolenia

W 2025 roku zasolenie wody morskiej mieściło się w zakresie $7.156 \div 15.711$, gdzie minimum odnotowano w Zatoce Gdańskiej (P110), natomiast maksimum – podobnie do zeszłych lat w Głębi Bornholmskiej (P5).

Z kolei stężenie promieniotwórcze ^{40}K mieściło się w zakresie $2\,500 \div 5\,936 \text{ Bq}\cdot\text{m}^{-3}$, gdzie najmniejszą wartość otrzymano dla wody powierzchniowej w lokalizacji P110 (Zatoka Gdańska), natomiast największe stężenie otrzymano dla stacji P5.

W przypadku wody powierzchniowej wartości zasolenia oraz stężenia promieniotwórcze ^{40}K były porównywalne. Znaczne różnice występowały w wodzie przydennej. Podobnie do zeszłych lat otrzymano liniową korelację pomiędzy zasoleniem a stężeniem promieniotwórczym ^{40}K .



Pomiary skażeń promieniotwórczych w próbkach ryb

W lutym 2025 roku zostało pobrane 20 próbek ryb morskich z trzech lokalizacji: PL1 – Basen Gdański, PL2 – wschodni Basen Gotlandzki oraz PL4 – Basen Bornholmski. Próbkami te to gatunki ryb, które są najczęściej występującymi i konsumowanymi przez ludzi gatunkami ryb w środowisku Morza Bałtyckiego: szprot, śledź, dorsz oraz stornia. Po wstępnej obróbce wykonano analizę gamma w każdej próbce, oznaczając ^{137}Cs oraz ^{40}K . Następnie metodą emanacyjną oznaczono stężenie promieniotwórcze ^{226}Ra .

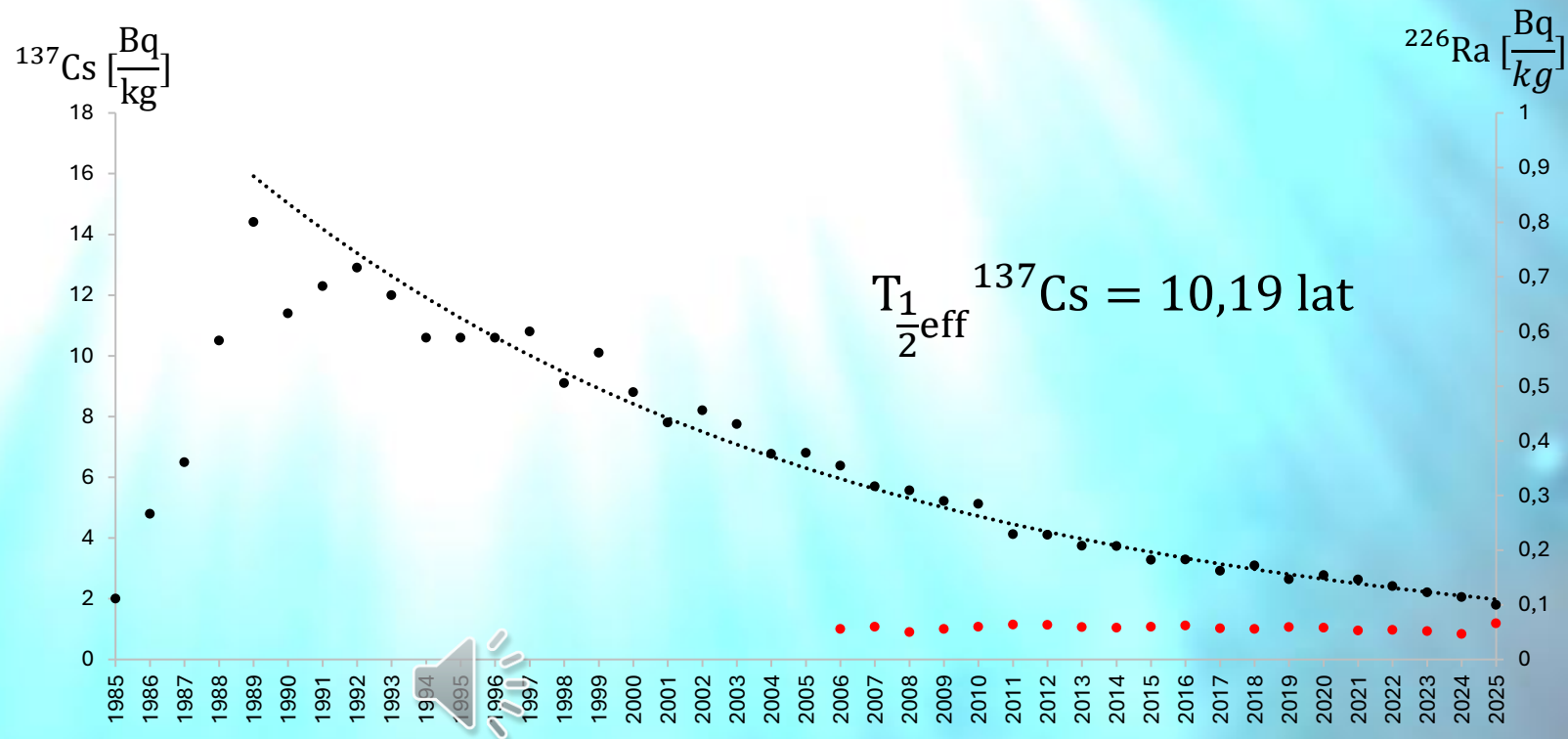
Nr	Gatunek	Punkt poboru	Głębokość [m]	Liczba ryb	Zakres długości ryb [cm]
1	Szprot	PL1	63	139	12-14
2		PL4	56	135	13-14
3		PL2	24	141	13-14
4		PL2	70	154	12-14
5		PL2	65	197	10-13
6	Śledź 	PL1	43	35	19-22
7		PL4	50	38	20-22
8		PL2	24	35	21-24
9		PL4	58	35	20-22
10		PL2	57	39	20-21
11	Dorsz	PL1	43	11	26-31
12		PL4	30	9	29-30
13		PL2	24	8	29-31
14		PL4	58	10	25-30
15		PL2	57	10	29-30
16	Stornia	PL1	43	18	22-26
17		PL4	30	7	27-32
18		PL2	24	9	25-29
19		PL4	58	9	24-26
20		PL2	31	14	20-24

Nr próbki	Gatunek	Obszar połowu	$^{137}\text{Cs}[\text{Bq} \cdot \text{kg}^{-1}]$	$^{40}\text{K}[\text{Bq} \cdot \text{kg}^{-1}]$	$^{226}\text{Ra}[\text{Bq} \cdot \text{kg}^{-1}]$
1	Szprot	PL1	1.77 ± 0.07	113.0 ± 4.4	0.054 ± 0.008
2		PL4	1.69 ± 0.09	117.0 ± 4.7	0.075 ± 0.009
3		PL2	1.85 ± 0.06	112.3 ± 4.3	0.084 ± 0.009
4		PL2	1.87 ± 0.07	108.8 ± 4.2	0.060 ± 0.007
5		PL2	1.59 ± 0.07	101.5 ± 4.0	0.066 ± 0.009
6	Śledź	PL1	1.47 ± 0.08	103.7 ± 4.3	0.029 ± 0.008
7		PL4	1.69 ± 0.10	102.4 ± 4.6	0.028 ± 0.008
8		PL2	1.59 ± 0.08	118.7 ± 4.8	0.040 ± 0.006
9		PL4	1.41 ± 0.07	98.0 ± 3.2	0.032 ± 0.006
10		PL2	1.69 ± 0.09	106.2 ± 4.4	0.031 ± 0.007
11	Dorsz	PL1	2.00 ± 0.10	105.8 ± 3.6	0.083 ± 0.013
12		PL4	1.64 ± 0.12	94.3 ± 4.5	0.100 ± 0.012
13		PL2	2.15 ± 0.11	104.4 ± 4.9	0.089 ± 0.011
14		PL4	2.05 ± 0.12	110.8 ± 4.9	0.081 ± 0.012
15		PL2	2.06 ± 0.12	108.5 ± 5.0	0.114 ± 0.014
16	Stornia	PL1	1.82 ± 0.13	90.5 ± 4.4	0.064 ± 0.010
17		PL4	2.26 ± 0.15	89.5 ± 4.7	0.065 ± 0.012
18		PL2	1.76 ± 0.16	84.5 ± 5.2	0.062 ± 0.013
19		PL4	2.05 ± 0.15	85.9 ± 5.1	0.085 ± 0.022
20		PL2	1.67 ± 0.13	86.1 ± 6.2	0.072 ± 0.014

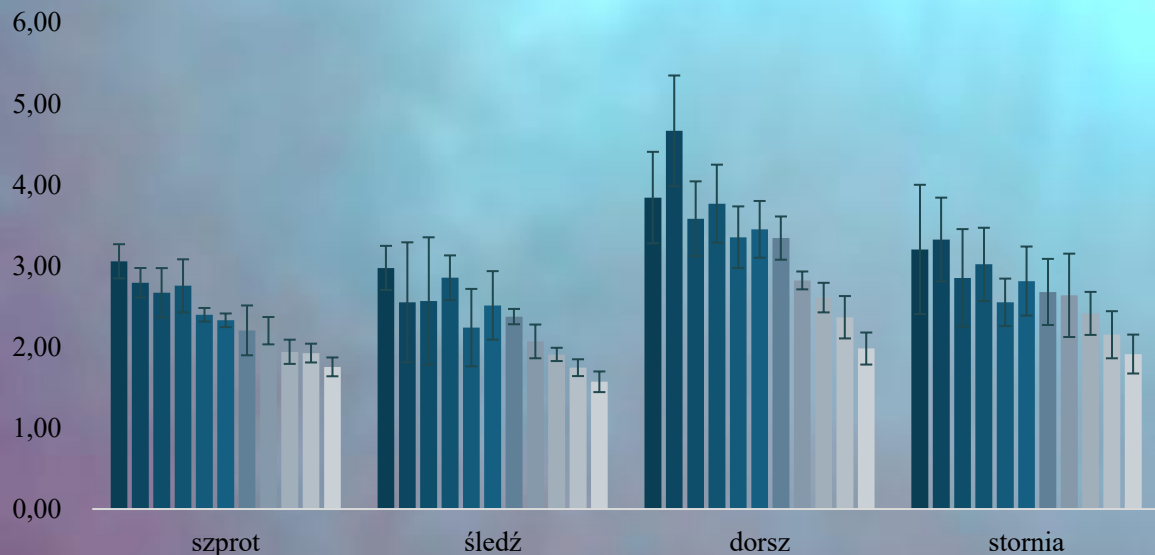
Średnie stężenia promieniotwórcze ^{137}Cs , ^{40}K oraz ^{226}Ra w próbkach ryb w 2025 roku

Gatunek	Liczba próbek	Liczba sztuk	Masa próbek [g]	$^{137}\text{Cs}[\text{Bq} \cdot \text{kg}^{-1}]$	$^{40}\text{K}[\text{Bq} \cdot \text{kg}^{-1}]$	$^{226}\text{Ra}[\text{Bq} \cdot \text{kg}^{-1}]$
Szprot	5	766	1047 ÷ 1344	1.75 ± 0.12	111 ± 6	0.068 ± 0.012
Śledź	5	182	830 ÷ 880	1.57 ± 0.13	106 ± 8	0.032 ± 0.005
Dorsz	5	48	575 ÷ 676	1.98 ± 0.20	105 ± 6	0.093 ± 0.014
Stornia	5	57	327 ÷ 553	1.91 ± 0.24	87 ± 3	0.069 ± 0.011
Średnia				1.80 ± 0.18	102 ± 10	0.066 ± 0.025

Średnie stężenie promieniotwórcze ^{137}Cs w rybach bałtyckich, 1985-2025



■ 2015 ■ 2016 ■ 2017 ■ 2018 ■ 2019 ■ 2020 ■ 2021 ■ 2022 ■ 2023 ■ 2024 ■ 2025



Średnie stężenie promieniotwórcze ^{137}Cs w ostatnim dziesięcioleciu z wyodrębnieniem poszczególnych gatunków ryb bałtyckich

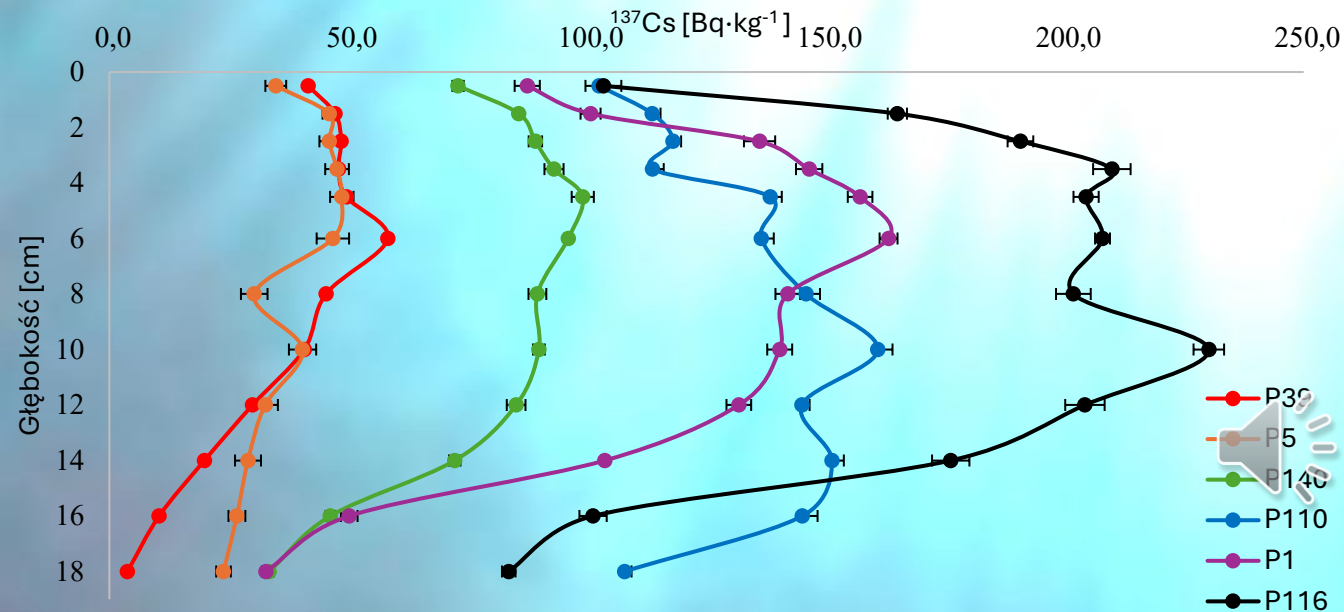
Pomiary skażeń promieniotwórczych w próbkach osadów dennych

Próbki osadów dennych pobrano na tych samych stacjach badawczych, na których przeprowadzono pobór wody. Pojedynczy rdzeń osadu dennego podzielono na 12 warstw. W każdej lokalizacji pobierano sześć prób rdzeniowych. Ponadto pobrano jedną próbkę rdzeniową bez podziału (warstwa 0 – 19 cm).

Łącznie, materiał do badań stanowiło 78 próbek osadów dennych, które poddano analizie na obecność:

1. ^{137}Cs , ^{40}K - za pomocą spektrometrii gamma
2. $^{239+240}\text{Pu}$, ^{238}Pu - metodą radiochemiczną
3. ^{90}Sr - metodą radiochemiczną

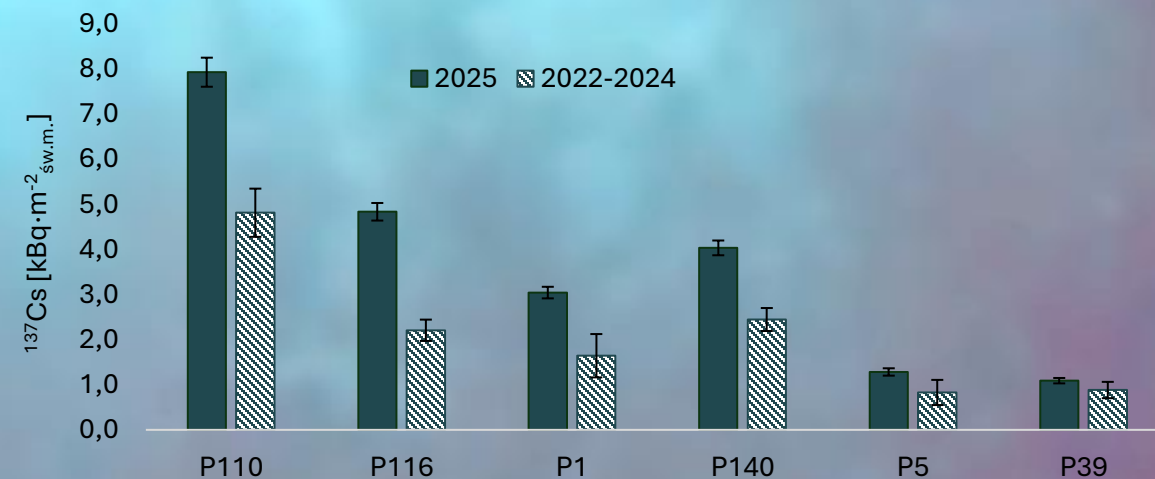
Profil stężeń promieniotwórczych ^{137}Cs w próbkach osadów dennych



Największe stężenia promieniotwórcze ^{137}Cs , w zależności od lokalizacji oznaczono dla warstwy:

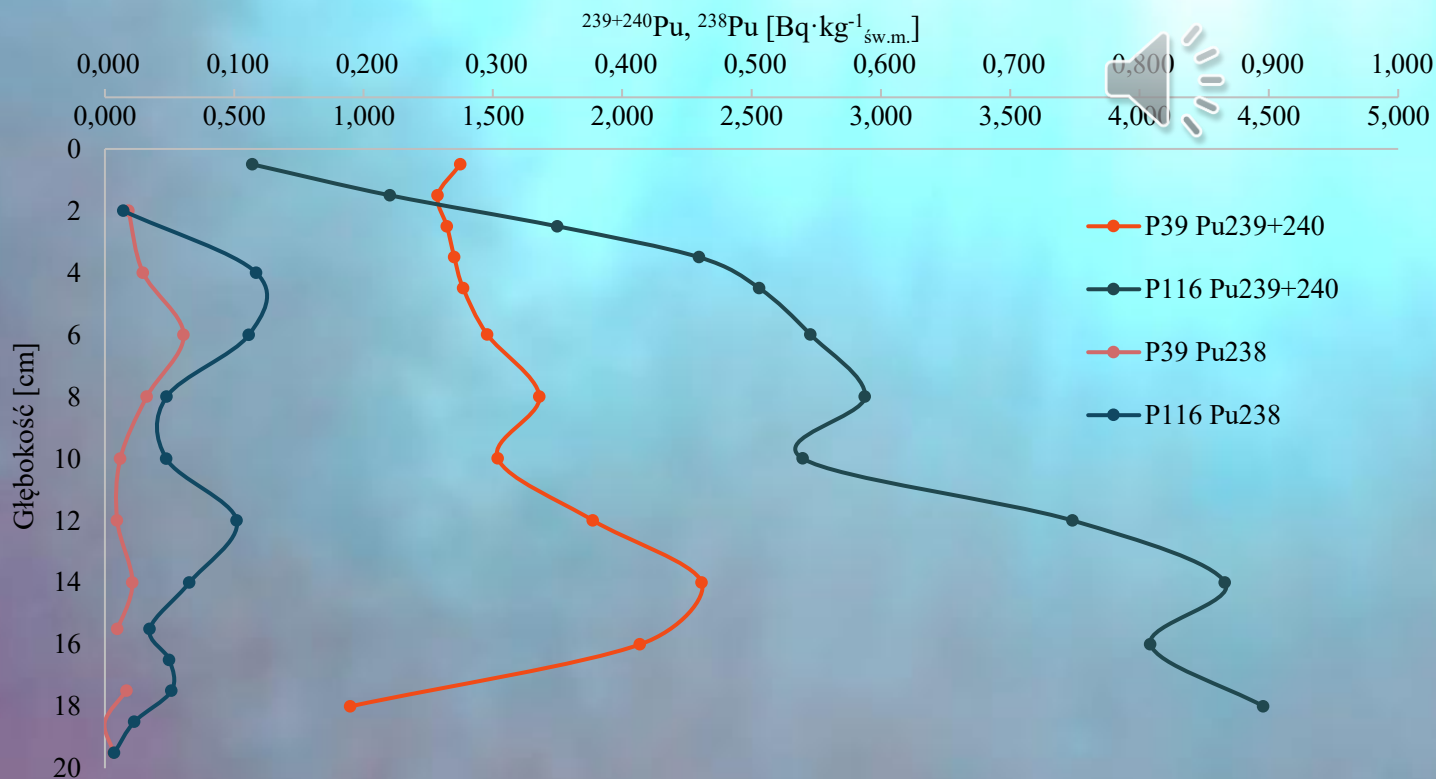
- 4-5 cm w P5 ($48.7 \pm 2.5 \text{ Bq} \cdot \text{kg}^{-1}$)
- 5-7 cm w P39 ($58.3 \pm 1.4 \text{ Bq} \cdot \text{kg}^{-1}$)
- 4-5 cm w P140 ($99.1 \pm 2.3 \text{ Bq} \cdot \text{kg}^{-1}$)
- 9-11 cm w P110 ($160.9 \pm 3.1 \text{ Bq} \cdot \text{kg}^{-1}$)
- 5-7 cm w P1 ($163.1 \pm 1.9 \text{ Bq} \cdot \text{kg}^{-1}$)
- 9-11 cm w P116 ($230.1 \pm 3.2 \text{ Bq} \cdot \text{kg}^{-1}$)

Depozycja ^{137}Cs w osadach dennych w 2025 roku oraz średnia z lat 2022-2024



Profil stężeniowy izotopów plutonu w 2025 roku

W 2025 roku przeprowadzono oznaczenia izotopów plutonu dla stacji badawczych P116 oraz P39. W P116 maksimum stężenia $^{239+240}\text{Pu}$ zaobserwowano dla warstwy 17-19 cm ($4.479 \pm 0.099 \text{ Bq} \cdot \text{kg}^{-1}$). Z kolei w lokalizacji P39 maksymalne stężenie oznaczono w warstwie 13-15 cm ($2.308 \pm 0.062 \text{ Bq} \cdot \text{kg}^{-1}$).



Stężenia promieniotwórcze ^{238}Pu mieściły się w zakresie:

- P116 ($0.007 \div 0.117$) $\text{Bq} \cdot \text{kg}^{-1}$
- P39 ($0.002 \div 0.061$) $\text{Bq} \cdot \text{kg}^{-1}$

Średni stosunek $\frac{^{238}\text{Pu}}{^{239+240}\text{Pu}}$ wyniósł odpowiednio: **0.020** oraz **0.012**.

Stężenia promieniotwórcze ^{90}Sr , ^{137}Cs oraz $^{239+240}\text{Pu}$ w rdzeniu niedzielonym (warstwa 0-19 cm)

Punkt poboru	^{90}Sr [$\text{Bq} \cdot \text{kg}^{-1}$] 2025	^{137}Cs [$\text{Bq} \cdot \text{kg}^{-1}$] 2025	$^{239+240}\text{Pu}$ [$\text{Bq} \cdot \text{kg}^{-1}$] 2023-2025
P110 Zatoka Gdańska	0.52 ± 0.10	62.8 ± 2.2	2.303 ± 0.097
P116 Zatoka Gdańska	0.73 ± 0.11	140.5 ± 3.0	3.303 ± 0.113
P1 Głębia Gdańska	2.07 ± 0.39	77.3 ± 2.2	1.338 ± 0.072
P140 Basen Gotlandzki	22.79 ± 3.06	41.0 ± 2.7	0.682 ± 0.035
P5 Głębia Bornholmska	1.93 ± 0.30	23.5 ± 1.2	0.368 ± 0.029
P39 Basen Bornholmski	0.71 ± 0.13	25.3 ± 1.0	1.640 ± 0.054

Podsumowanie

Woda

- Stężenia ^{137}Cs w wodzie południowego Bałtyku maleją sukcesywnie w latach. Zauważalny jest wpływ wlewów wód z Morza Północnego, który obniża stężenia ^{137}Cs w wodach przydennych, bliższych Cieśninom Duńskim.
- Stężenia promieniotwórcze ^3H z warstwy powierzchniowej oraz przydennej mieszczą się w zakresie stężeń trytu typowego dla całego obszaru Morza Bałtyckiego.

Ryby

- Stężenie promieniotwórcze ^{137}Cs w rybach bałtyckich zmniejsza się sukcesywnie w latach. Obecnie stężenia otrzymane dla wszystkich gatunków ryb są na poziomie oznaczeń prowadzonych przed 1986 rokiem, tj. przed awarią w Czarnobylu.
- Efektywny okres połowicznego zaniku ^{137}Cs ($\tau_{1/2eff}$) obejmuje zakres (10,5 ÷ 15,1) lat. Wartość ta różni się w zależności od gatunku ryb i sposobu ich żywienia.

Osady denne

- Najwyższe stężenia promieniotwórcze ^{137}Cs występowały w górnych warstwach osadów dennych i malały w głąb profili osadowych. Podobnie do poprzednich lat, zaobserwowano różnice w stężeniach ^{137}Cs związane z lokalizacją prób.
- Najwyższe stężenia $^{239+240}\text{Pu}$ oraz ^{238}Pu występowały w głębszych warstwach profili osadowych, a stosunek ^{238}Pu do $^{239+240}\text{Pu}$ wynosił średnio $0,03 \pm 0,01$ – typowy dla opadu promieniotwórczego w okresie próbnych wybuchów jądrowych.

Dziękuję  za uwagę

m.dziubaltowska@clor.waw.pl