

**MONITOROWANIE ZAGROŻEŃ GEODYNAMICZNYCH
I HYDROGEOLOGICZNYCH NA TERENACH GÓRNICZYCH I POGÓRNICZYCH
W GÓRNOŚLĄSKIM ZAGŁĘBIU WĘGLOWYM ORAZ ZAGROŻEŃ RADIACYJNYCH**

Zadanie 2.1. Monitoring skażeń promieniotwórczych powodowanych
działalnością górniczą (wody i osady)

RAPORT ROCZNY 2.1

za okres 01.01.2024 – 31.12.2024

Jarosław Zagórowski
Dyrektor GIG-PIB

dr inż. Jan Bondaruk
Z-ca Dyrektora
ds. Inżynierii Środowiska

dr hab. inż. Michał Bonczyk,
prof. GIG-PIB
Kierownik Zadania

Zespół autorski:

1. Michał Bonczyk
2. Izabela Chmielewska
3. Wojciech Galios
4. Agata Grygier
5. Ewa Janson
6. Robert Kołodziej
7. Sandra Nowak
8. Krzysztof Samolej
9. Damian Stefański

Zawartość raportu:

1. Opis metodyki badań
2. Obszar prowadzenia badań
3. Wyniki pomiarów
4. Podsumowanie

Załączniki:

1. Kopia protokołów pobrania próbek

1. Opis metodyki badań

Zgodnie z §3 ust. 7 Rozporządzenia Rady Ministrów z dnia 24 lipca 2023 r. poz. 1579 w sprawie nadania Głównemu Instytutowi Górnictwa statusu państwowego instytutu badawczego, do zadań Instytutu należy monitorowanie skażeń promieniotwórczych powodowanych działalnością górniczą.

W ramach tego zadania, wykonywany jest regularny pobór próbek wody i osadu w miejscach zrzutu wody kopalnianej. Dodatkowo, pobierane są próbki wody przed i za zrzutem.

Próbki wody są pobierane zgodnie z wymaganiami normy PN-ISO 5667-6:2016-12 Jakość wody. Pobieranie próbek, część 6. Próbki osadów będą pobierane zgodnie z PN-EN ISO 5667-1:2023-10.

Próbki wody są przekazywane do badania zawartości izotopów radu (^{226}Ra oraz ^{228}Ra) metodą spektrometrii ciekłoscintylacyjnej zgodnie z wewnętrzną akredytowaną procedurą badawczą SCR/ZLGIG/1-002 wyd. 7 z 25.08.2023. Próbki poddawane są preparatyce radiochemicznej, dedykowanej do oznaczania izotopów radu. Separacja chemiczna obejmuje następujące etapy:

- współstrącenie BaRaSO_4 ,
- separacja od interferującego ^{210}Pb poprzez skompleksowanie w amoniakalnym roztworze EDTA,
- przygotowanie źródła promieniotwórczego w roztworze ciekłego scyntylatora InstaGel,
- pomiar za pomocą spektrometrii ciekłoscintylacyjnej (ultraniskotłowy licznik Quantulus).

Próbki osadu pobrane w miejscu zrzutu są przekazywane do badania zawartości izotopów radu (^{226}Ra oraz ^{228}Ra), metodą spektrometrii promieniowania gamma, zgodnie z wewnętrzną akredytowaną procedurą badawczą SCR/ZLGIG/2-004 wyd. 8 z 25.08.2023.

Pomiary wykonywano za pomocą spektrometrów promieniowania gamma - HPGe (High Purity Germanium), chłodzonych ciekłym azotem (LN2). Rodzaje detektorów używane do pomiarów: HPGe koaksjalny 30%, BEGe planarny 50%, XtRa koaksjalny 40%, BEGe planarny 35%, HPGe wnękowy 35%.

Kalibrację energetyczną i wydajnościową przeprowadzono z użyciem źródła multi-gamma zawierającego izotopy emitujące linie gamma w szerokim zakresie (46 – 2000 keV). Źródło to przygotowano przy użyciu materiałów odniesienia (RM) zawierających naturalne radionuklidy – RGU-1, RGTh-1 i RGK-1, dostarczonych przez Międzynarodową Agencję Energii Atomowej (IAEA - International Atomic Energy Agency). Kalibracyjne wyznaczono przy użyciu oprogramowania Canberra Genie 2000. Niepewności oszacowano na podstawie statystyki zliczeń i podano z błędem 2σ .

Stężenia aktywności izotopów ^{226}Ra i ^{228}Ra określono przy użyciu następujących linii energetycznych: ^{226}Ra (186, 351, 609 keV) i ^{228}Ra (911 keV).

2. Obszar prowadzenia badań



Rys. 1. Orientacyjny obszar prowadzenia monitoringu

Zidentyfikowano i potwierdzono 37 zrzutów wody kopalnianej do rzek znajdujących się w województwie śląskim i małopolskim.



Rys. 2. Lokalizacja 37 zrzutów wody kopalnianej w województwie śląskim i małopolskim, z których pobierane były próbki w 3. kwartale 2024

W ramach prowadzonego monitoringu początkowo zidentyfikowano 39 punktów zrzutu podziemnych wód kopalnianych. Dwa, zidentyfikowane na podstawie map, punkty okazały się być nieaktywne, co w praktyce oznacza, że kopalnia już od dłuższego czasu nie prowadzi zrzutu w tej lokalizacji (np. punkt w Knurowie).

Wody dołowe za pomocą systemów odwadniania pompowane są na powierzchnię, a następnie poprzez cieki wodne lub niewielkie rzeki trafiają do zlewni dwóch największych polskich rzek, mianowicie Wisły i Odry. Zgodnie z założeniami monitoringu, do badań pobierano próbki wody dołowej oraz próbki wód powierzchniowych z rzek lub potoków w pobliżu punktu zrzutu. W celu łatwiejszej identyfikacji próbek wprowadzono następujący sposób kodowania: 1A, 1B, 1C, 2A, 2B itd., Liczba odnosi się do konkretnego punktu zrzutu, natomiast poszczególne litery oznaczają odpowiednio:

- A – próbka wody pobrana z rzeki powyżej punktu zrzutu,
- B – próbka wody zrzutowej,
- C – próbka wody pobrana poniżej punktu zrzutu.

pobrania wody powyżej punktu zrzutu. Ogółem do analizy pobrano i przebadano 104 próbki wód.

Dodatkowo, powyżej i poniżej punktu rzutu wód dołowych pobierano osady z dna rzeki, cieku wodnego lub potoków. W okolicy kilku punktów zrzutu okazało się, że dno rzeki lub cieku wodnego jest wybetonowane co uniemożliwiło pobranie próbki osadu (np. punkt 12). Osadów również nie pobrano tam, gdzie wody dołowe stanowiły początek cieku wodnego lub były odprowadzane do osadników powierzchniowych (np. punkt 23 lub 24). Ogółem do analizy pobrano i przebadano 68 próbek osadów.

Tabela 1 Wykaz pobranych próbek

Nr punktu	Opis	Współrzędne N	Współrzędne E	Data poboru	Uwagi
1a	Brynica powyżej zrzutu SRK CZOK Saturn	50.3006	19.07198	22.08.2024	
1b	Zrzut SRK CZOK Saturn	50.29985	19.07188	22.08.2024	
1c	Brynica poniżej zrzutu SRK CZOK Saturn	50.29915	19.0717	22.08.2024	
2a	Brynica powyżej zrzutu SRK CZOK Siemianowice	50.3340	19.05404	11.09.2024	
2b	Zrzut SRK CZOK Siemianowice	50.32748	19.033	11.09.2024	
2c	Brynica poniżej zrzutu SRK CZOK Siemianowice	50.32003	19.06165	11.09.2024	
3a	Wielonka powyżej zrzutu SRK CZOK Grodziec	50.35820	19.06145	26.09.2024	
3b	Zrzut SRK CZOK Grodziec	50.35778	19.06181	26.09.2024	
3c	Wielonka poniżej zrzutu SRK CZOK Grodziec	50.35699	19.06166	26.09.2024	
4a	Brynica powyżej zrzutu SRK CZOK Bolko	50.37201	18.9767	26.09.2024	
4b	Zrzut SRK CZOK Bolko	50.36602	18.97345	26.09.2024	
4c	Brynica poniżej zrzutu SRK CZOK Bolko	50.36769	18.99071	26.09.2024	
5b	Zrzut SRK CZOK Chorzów	50.32692	18.94807	26.09.2024	
6a	Rawa powyżej zrzutu SRK CZOK Kleofas	50.27421	18.97098	26.09.2024	brak osadu - betonowe koryto
6b	Zrzut SRK CZOK Kleofas	50.27396	18.97187	26.09.2024	
6c	Rawa poniżej zrzutu SRK CZOK Kleofas	50.27268	18.9763	26.09.2024	
7a	Kłodnica powyżej zrzutu SRK CZOK Śląsk	50.22909	18.92838	26.09.2024	

Nr punktu	Opis	Współrzedne N	Współrzedne E	Data poboru	Uwagi
7b	Zrzut SRK CZOK Śląsk	50.22903	18.92773	26.09.2024	
7c	Kłodnica poniżej zrzutu SRK CZOK Śląsk	50.22892	18.92686	26.09.2024	
8a	Kłodnica powyżej zrzutu PGG RUDA Halemba	50.23676	18.86416	26.09.2024	
8b	zrzut PGG RUDA Halemba	50.23703	18.86284	26.09.2024	
8c	Kłodnica poniżej zrzutu PGG RUDA Halemba	50.23699	18.86195	26.09.2024	
9a	Potok Bielszowicki powyżej kopalni PGG RUDA Bielszowice	50.26281	18.83878	26.09.2024	
9b	Zrzut PGG RUDA Bielszowice	50.26297	18.83192	26.09.2024	Brak wody
9c	Potok Bielszowicki poniżej kopalni PGG RUDA Bielszowice	50.26470	18.82208	26.09.2024	
10a	Kłodnica powyżej zrzutu SRK CZOK Gliwice	50.28730	18.69383	31.07.2024	
10b	Zrzut SRK CZOK Gliwice	50.28737	18.69313	31.07.2024	
10c	Kłodnica poniżej zrzutu SRK CZOK Gliwice	50.28766	18.69079	31.07.2024	
11a	Czarniawka powyżej zrzutu SRK CZOK Makoszowy	50.27514	18.76551	31.07.2024	
11b	Zrzut SRK CZOK Makoszowy	50.27572	18.76051	31.07.2024	
11c	Czarniawka poniżej zrzutu SRK CZOK Makoszowy	50.27590	18.75878	31.07.2024	
2b1	Zrzut PGG Ziemowit3	50.12442	19.14264	11.09.2024	
2b2	Zrzut PGG Ziemowit2	50.12436	19.14267	11.09.2024	
12c	Potok Goławiecki poniżej zrzutów 2 i 3 PGG Ziemowit	50.12433	19.14279	05.08.2024	
13a	Gostynia powyżej zrzutu PGG Piast	50.05794	19.13460	05.08.2024	
13b	Zrzut PGG Piast	50.05796	19.13503	05.08.2024	
13c	Gostynia poniżej zrzutu PGG Piast	50.05739	19.14983	05.08.2024	
14a	Gostynia powyżej zrzutu PGG Bolesław Śmiały	50.07941	19.06778	05.08.2024	

Nr punktu	Opis	Współrzedne N	Współrzedne E	Data poboru	Uwagi
14b	Zrzut PGG Bolesław Śmiały	50.07921	19.06783	05.08.2024	
14c	Gostynia poniżej zrzutu PGG Bolesław Śmiały	50.07865	19.0683	05.08.2024	
15a	Przyrwa powyżej zrzutu PGG Ziemowit	50.14234	19.10095	05.08.2024	
15b	Zrzut PGG Ziemowit1	50.14193	19.1007	05.08.2024	
15c	Przyrwa poniżej zrzutu PGG Ziemowit	50.1414	19.09979	05.08.2024	
16a	Przemsza powyżej zrzutu ZG Sobieski	50.18241	19.2189	05.08.2024	
16b	Zrzut ZG Sobieski	50.18168	19.21942	05.08.2024	
16c	Przemsza poniżej zrzutu ZG Sobieski	50.18081	19.21969	05.08.2024	
17a	Odra powyżej zrzutu PGWiR Olza	49.95214	18.32917	12.08.2024	
17b	Zrzut PGWiR Olza	49.95569	18.32741	12.08.2024	
17c	Odra poniżej zrzutu PGWiR Olza	49.95994	18.32083	12.08.2024	
18a	Nacyna powyżej zrzutu PGG ROW Rydułtowy	50.05371	18.43873	12.08.2024	
18b	Zrzut PGG ROW Rydułtowy	50.06981	18.44058	12.08.2024	
18c	Nacyna poniżej zrzutu PGG ROW Rydułtowy	50.06986	18.44305	12.08.2024	
19a	Bolina powyżej zrzutu PGG Murcki-Staszic	50.22978	19.08557	22.08.2024	
19b	Zrzut PGG Murcki-Staszic	50.23031	19.08597	22.08.2024	
19c	Bolina poniżej zrzutu PGG Murcki-Staszic	50.2305	19.08627	22.08.2024	
20a	Przemsza powyżej zrzutu SRK CZOK Mysłowice-Wesoła	50.23456	19.14883	22.08.2024	
20b	Zrzut SRK CZOK Mysłowice-Wesoła	50.23398	19.14967	22.08.2024	
20c	Przemsza poniżej zrzutu SRK CZOK Mysłowice-Wesoła	50.23367	19.15048	22.08.2024	
21a	Przemsza powyżej zrzutu SRK CZOK Niwka	50.23369	19.15048	22.08.2024	
21b	Zrzut SRK CZOK Niwka	50.23335	19.1511	22.08.2024	

Nr punktu	Opis	Współrządne N	Współrządne E	Data poboru	Uwagi
21c	Przemsza poniżej zrzutu SRK CZOK Niwka	50.22979	19.15712	22.08.2024	
22a	Przemsza powyżej zrzutu SRK CZOK Jan Kanty	50.20335	19.19078	22.08.2024	
22b	Zrzut SRK CZOK Jan Kanty	50.20296	19.19112	22.08.2024	
22c	Przemsza poniżej zrzutu SRK CZOK Jan Kanty	50.20257	19.19118	22.08.2024	
23b	Zrzut SRK CZOK Boże Dary	50.16963	19.01296	22.08.2024	
24b	Zrzut ZG Janina	50.063632	19.289719	26.08.2024	
24c	Kopalniówka poniżej zrzutu ZG Janina	50.05702	19.30431	26.08.2024	
25a	Wisła powyżej zrzutu ZG Brzeszcze	49.98777	19.12017	26.08.2024	
25b	Zrzut ZG Brzeszcze	49.98824	19.1207	26.08.2024	
25c	Wisła poniżej zrzutu ZG Brzeszcze	50.00956	19.12082	26.08.2024	
26a	Wisła powyżej zrzutu PG Silesia	49.93087	18.98442	26.08.2024	
26b	Zrzut PG Silesia	49.94743	19.02609	26.08.2024	
26c	Wisła poniżej zrzutu PG Silesia	49.94806	19.02804	26.08.2024	
27a	Bierawka powyżej zrzutu PGWiR ZO Dębieńsko	50.15327	18.66403	11.09.2024	
27b	Zrzut PGWiR ZO Dębieńsko	50.15514	18.66158	11.09.2024	
27c	Bierawka poniżej zrzutu PGWiR ZO Dębieńsko	50.15801	18.66137	11.09.2024	
28a	Bierawka powyżej zrzutu SRK CZOK Dębieńsko	50.15809	18.66129	11.09.2024	
28b	Zrzut SRK CZOK Dębieńsko	50.15823	18.66121	11.09.2024	
28c	Bierawka poniżej zrzutu SRK CZOK Dębieńsko	50.15882	18.66062	11.09.2024	
29a	Bierawka powyżej zrzutu JSW Knurów 1	50.22154	18.61447	11.09.2024	
29b	Zrzut JSW Knurów 1	50.22166	18.61406	11.09.2024	
29c	Bierawka poniżej zrzutu JSW Knurów 1	50.22206	18.61182	11.09.2024	
30a	Bierawka powyżej zrzutu JSW Knurów 2	50.21518	18.66408	11.09.2024	
30b	Zrzut JSW Knurów 2	50.21508	18.66416	11.09.2024	

Nr punktu	Opis	Współrzędne N	Współrzędne E	Data poboru	Uwagi
30c	Bierawka poniżej zrzutu JSW Knurów 2	50.21521	18.65539	11.09.2024	
31a	Kłodnica powyżej zrzutu PGG Sośnica	50.27654	18.73052	11.09.2024	
31b	Zrzut PGG Sośnica	50.27749	18.73018	11.09.2024	
31c	Kłodnica poniżej zrzutu PGG Sośnica	50.28355	18.7255	11.09.2024	
32a	Pstrąжник powyżej zrzutu PGG Wesoła	50.17443	19.08768	11.09.2024	
32b	Zrzut PGG Wesoła	50.17424	19.08739	11.09.2024	
32c	Pstrąжник powyżej zrzutu PGG Wesoła	50.17379	19.00562	11.09.2024	
33a	Rawa powyżej zrzutu PGG Murcki-Staszic 3	50.26419	19.00562	11.09.2024	
33b	Zrzut PGG Murcki-Staszic 3	50.26026	19.00498	11.09.2024	
33c	Rawa poniżej zrzutu PGG Murcki-Staszic 3	50.26427	19.00957	11.09.2024	brak osadu - betonowe koryto
34a	Bytomka powyżej zrzutu SRK CZOK Pstrowski	50.32091	18.83273	19.09.2024	
34b	Zrzut SRK CZOK Pstrowski	50.32165	18.82978	19.09.2024	
34c	Bytomka poniżej zrzutu SRK CZOK Pstrowski	50.32002	18.83095	19.09.2024	
35a	Powyżej zrzutu SRK Centrum	50.35111	18.88221	19.09.2024	
35b	Zrzut SRK Centrum	50.35075	18.88271	19.09.2024	
35c	Poniżej zrzutu SRK Centrum	50.35061	18.88291	19.09.2024	
36a	Powyżej zrzutu WĘGLOKOKS KRAJ S.A.	50.3505	18.88286	19.09.2024	
36b	Zrzut WĘGLOKOKS KRAJ S.A.	50.3502	18.88322	19.09.2024	
36c	Powyżej zrzutu WĘGLOKOKS KRAJ S.A.	50.35006	18.88374	19.09.2024	
37a	Bytomka powyżej zrzutu SRK CZOK Szombierki	50.32769	18.8945	19.09.2024	
37b	Zrzut SRK CZOK Szombierki	50.32786	18.89409	19.09.2024	
37c	Bytomka poniżej zrzutu SRK CZOK Szombierki	50.32801	18.89351	19.09.2024	
38b	Zrzut JSW Szczygłowice	50.19195	18.62592	26.09.2024	
39b	Zrzut SRK KWK Katowice	50.25977	19.04134	26.09.2024	

3. Wyniki pomiarów

Wyniki pomiarów stężenia izotopów radu w próbkach wody przedstawia tabela 2. Stężenie zostało wyrażone w Bq/L (bekerelach na litr).

Tabela 2 Stężenie izotopów radu w wodach

Nr punktu	²²⁶ Ra [Bq/L]	²²⁸ Ra [Bq/L]
1a	0,03 ± 0,01	< 0,06
1b	0,03 ± 0,01	< 0,06
1c	0,03 ± 0,01	< 0,06
2a	0,03 ± 0,01	< 0,06
2b	0,03 ± 0,01	< 0,06
2c	0,03 ± 0,01	< 0,06
3a	< 0,02	< 0,06
3b	< 0,02	0,12 ± 0,08
3c	0,02 ± 0,01	< 0,06
4a	< 0,02	< 0,06
4b	0,02 ± 0,01	< 0,06
4c	0,02 ± 0,01	< 0,06
5b	0,03 ± 0,01	< 0,06
6a	0,02 ± 0,01	< 0,06
6b	0,02 ± 0,01	< 0,06
6c	0,04 ± 0,01	< 0,06
7a	< 0,02	< 0,06
7b	0,16 ± 0,01	0,29 ± 0,08
7c	0,09 ± 0,01	0,15 ± 0,06
8a	0,05 ± 0,01	< 0,06
8b	0,41 ± 0,02	0,24 ± 0,08
8c	0,02 ± 0,01	< 0,08
9a	< 0,02	< 0,08
9c	< 0,02	< 0,08
10a	< 0,02	< 0,08
10b	0,09 ± 0,01	0,10 ± 0,06
10c	0,06 ± 0,01	0,13 ± 0,06
11a	< 0,02	< 0,08
11b	< 0,02	< 0,08
11c	< 0,02	< 0,08
12b	1,02 ± 0,05	1,90 ± 0,20
12c	0,03 ± 0,01	< 0,08
13a	0,06 ± 0,01	< 0,08
13b	1,38 ± 0,07	1,97 ± 0,20

13c	0,04 ± 0,01	0,08 ± 0,06
14a	< 0,02	< 0,08
14b	0,09 ± 0,01	0,08 ± 0,06
14c	0,03 ± 0,01	< 0,08
15a	< 0,02	< 0,08
15b	< 0,02	< 0,08
15c	< 0,02	< 0,08
16a	< 0,02	< 0,08
16b	0,14 ± 0,01	0,22 ± 0,08
16c	< 0,02	< 0,08
17a	< 0,02	< 0,08
17b	0,10 ± 0,01	0,16 ± 0,08
17c	< 0,02	< 0,08
18a	< 0,02	< 0,08
18b	0,16 ± 0,02	0,25 ± 0,12
18c	0,05 ± 0,01	< 0,08
19a	0,07 ± 0,01	< 0,08
19b	0,22 ± 0,02	0,1 ± 0,06
19c	0,05 ± 0,01	0,08 ± 0,06
20a	0,03 ± 0,01	< 0,08
20b	0,10 ± 0,01	0,10 ± 0,06
20c	< 0,02	< 0,08
21a	< 0,02	< 0,08
21b	0,04 ± 0,01	< 0,08
21c	< 0,02	< 0,08
22a	< 0,02	< 0,08
22b	0,23 ± 0,02	0,2 ± 0,08
22c	< 0,02	< 0,08
23b	0,03 ± 0,01	< 0,08
24b	1,71 ± 0,11	2,34 ± 0,24
24c	< 0,02	< 0,08
25a	0,09 ± 0,01	< 0,08
25b	0,26 ± 0,02	0,12 ± 0,06
25c	0,11 ± 0,01	< 0,08
26a	< 0,02	< 0,08
26b	1,07 ± 0,06	0,77 ± 0,12
26c	0,92 ± 0,05	0,63 ± 0,12
27a	< 0,02	< 0,08
27b	0,14 ± 0,01	< 0,08
27c	0,06 ± 0,01	< 0,08
28a	< 0,02	< 0,08
28b	0,02 ± 0,01	< 0,08
28c	0,02 ± 0,01	< 0,08

29a	< 0,02	< 0,08
29b	< 0,02	< 0,08
29c	< 0,02	< 0,08
30a	< 0,02	< 0,08
30b	< 0,02	< 0,08
30c	< 0,02	< 0,08
31a	< 0,02	< 0,08
31b	< 0,02	< 0,08
31c	< 0,02	< 0,08
32a	0,07 ± 0,01	< 0,08
32b	0,02 ± 0,01	< 0,08
32c	0,04 ± 0,01	< 0,08
33a	< 0,02	< 0,08
33b	< 0,02	< 0,08
33c	< 0,02	< 0,08
34a	< 0,02	< 0,08
34b	0,02 ± 0,01	< 0,08
34c	< 0,02	< 0,08
35a	< 0,02	< 0,08
35b	< 0,02	< 0,08
35c	< 0,02	< 0,08
36a	0,02 ± 0,01	< 0,08
36b	0,02 ± 0,01	< 0,08
36c	0,03 ± 0,01	< 0,08
37a	< 0,02	< 0,08
37b	< 0,02	< 0,08
37c	< 0,02	< 0,08

Wyniki pomiarów stężenia izotopów radu w próbkach osadów dennych przedstawia tabela 3. Stężenie zostało wyrażone w Bq/kg (bekerelach na kilogram suchej masy).

Tabela 3 Stężenie izotopów radu w osadach dennych

Nr punktu	²²⁶ Ra [Bq/kg]	²²⁸ Ra [Bq/kg]	²²⁸ Th [Bq/kg]
1a	16,7 ± 1,2	22,4 ± 1,7	18,5 ± 1,4
1c	34,2 ± 1,4	91,1 ± 5,4	57,0 ± 3,5
2a	11,6 ± 0,8	12,4 ± 0,9	12,7 ± 0,9
2c	11,8 ± 0,9	11,4 ± 0,9	9,0 ± 0,7
3a	9,1 ± 1,0	9,3 ± 1,1	6,8 ± 3,4
3c	9,4 ± 0,8	8,9 ± 0,8	7,8 ± 0,7

4a	13,4 ± 1,0	11,4 ± 1,0	11,7 ± 0,9
4c	21,5 ± 1,5	18,2 ± 1,5	19,2 ± 1,5
5c	129 ± 10	228 ± 13	175 ± 13
6c	15,6 ± 1,6	17,7 ± 1,7	15,0 ± 1,2
7a	7,2 ± 0,7	6,7 ± 1,3	6,5 ± 0,5
7c	21,8 ± 1,5	38,5 ± 2,3	19,3 ± 1,4
8a	5,3 ± 0,8	10,2 ± 1,3	5,6 ± 0,5
8c	10,2 ± 1,1	12,2 ± 1,3	8,9 ± 0,8
9a	11,3 ± 1,3	9,2 ± 1,5	10,3 ± 0,9
9c	77,3 ± 4,6	65,6 ± 4,6	33,4 ± 2,6
10a	33,2 ± 3	26,4 ± 3,4	25,2 ± 2,4
10c	25,8 ± 1,7	21,9 ± 1,8	20,9 ± 1,5
11a	26,8 ± 1,9	20,3 ± 1,7	18,5 ± 1,5
11c	30,9 ± 2,1	16,4 ± 1,6	18,0 ± 1,5
12c	1 246 ± 100	886 ± 40	770 ± 48
13a	47,0 ± 3,9	89,2 ± 6,4	29,4 ± 2,7
13c	41,1 ± 2,7	120 ± 10	51,2 ± 3,5
14a	57,4 ± 4,0	117 ± 10	51,9 ± 4,6
14c	28,4 ± 1,8	26,9 ± 1,9	23,3 ± 1,6
15a	22,7 ± 1,5	18,4 ± 1,4	19,1 ± 1,5
15c	12,2 ± 1,5	18,2 ± 1,6	13,6 ± 1,1
16a	60,7 ± 2,9	54,3 ± 3,3	39,7 ± 2,7
16c	47,8 ± 3,2	85,8 ± 5,0	38,1 ± 2,7
17a	24,1 ± 1,9	20,4 ± 1,5	22,0 ± 1,6
17c	28,3 ± 2,2	21,8 ± 2,1	21,3 ± 1,9
18a	13,3 ± 1,3	10,8 ± 1,2	10,8 ± 0,9
18c	79,7 ± 3,7	36,7 ± 2,4	38,9 ± 2,8
19a	114 ± 10	90,5 ± 4,4	65,7 ± 4,2
19c	193 ± 10	166 ± 10	61,3 ± 3,8
20a	44,0 ± 2,9	35,4 ± 2,8	31,3 ± 2,5
20c	46,9 ± 2,1	44,4 ± 2,4	33,5 ± 2,3
21a	33,1 ± 2,3	33,1 ± 2,6	24,8 ± 1,9
21c	62,4 ± 8,5	106 ± 10	43,9 ± 4,3
22a	25,5 ± 1,9	25,4 ± 2,1	19,8 ± 1,6
22c	26,7 ± 1,5	24,2 ± 1,6	23,3 ± 1,6
23b	81,7 ± 4,4	97,4 ± 5,9	63,6 ± 4,7
24b	27,2 ± 2,5	33,1 ± 2,7	67,1 ± 4,3
24c	619 ± 19	1050 ± 50	398 ± 24
25a	46,6 ± 1,7	42,4 ± 2,0	37,3 ± 2,4
25c	120 ± 10	112 ± 10	50,9 ± 3,8
26a	15,0 ± 1,4	18,0 ± 1,5	17,1 ± 1,2
26c	126 ± 10	66,3 ± 3,5	59,7 ± 4,1
27a	27,8 ± 2,4	24,1 ± 2,5	20,9 ± 2,0

27c	24,6 ± 1,3	19,2 ± 1,2	17,4 ± 1,2
28a	37,4 ± 3,4	20,6 ± 4,4	19,4 ± 2,9
28c	32,5 ± 1,6	37,7 ± 2,0	17,7 ± 1,2
29a	22,2 ± 1,9	23,2 ± 2,1	21,0 ± 1,4
29c	18,6 ± 1,7	17,2 ± 1,8	14,3 ± 1,0
30a	14,3 ± 1,1	10,6 ± 1,0	9,2 ± 0,7
30c	42,8 ± 2,6	26,0 ± 2,3	21,4 ± 1,6
31a	63,8 ± 2,7	47,8 ± 2,6	38,9 ± 2,5
31c	96,2 ± 3,9	80,9 ± 4,2	45,5 ± 3,0
32a	117 ± 10	48,9 ± 3,0	56,6 ± 3,7
33a	17,8 ± 1,3	23,0 ± 1,7	16,7 ± 1,3
34a	36,8 ± 2,2	39,2 ± 2,5	30,7 ± 2,1
34c	62,0 ± 2,7	48,1 ± 2,7	37,4 ± 2,5
35a	43,2 ± 2,0	40,9 ± 2,2	32,3 ± 2,1
35c	32,1 ± 1,8	37,0 ± 2,3	23,0 ± 1,6
36a	104 ± 10	169 ± 10	69,7 ± 4,8
36c	63,2 ± 2,9	71,6 ± 5,2	44,9 ± 3,6
37a	57,0 ± 3,0	41,5 ± 2,8	39,8 ± 2,9
37c	45,1 ± 1,8	34,5 ± 1,8	34,9 ± 2,2

Tabela 4 Ilość zrzutu oraz stężenie izotopów radu w wodach wciągu roku.

Nr punktu	Opis	Ilość zrzutu [m ³ /doba]	Ilość zrzutu [m ³ /rok]	Ilość ²²⁶ Ra [MBq/rok]	Ilość ²²⁸ Ra [MBq/rok]
1b	Zrzut SRK CZOK Saturn	42 577	15 540 605	622	< 932
2b	Zrzut SRK CZOK Siemianowice	15 880	5 796 200	232	< 348
3b	Zrzut SRK CZOK Grodziec	1 295	472 675	< 9	95
4b	Zrzut SRK CZOK Bolko	27 910	10 187 150	306	< 611
5b	Zrzut SRK CZOK Chorzów	19 504	7 118 960	285	< 427
6b	Zrzut SRK CZOK Kleofas	6 750	2 463 750	74	< 148
7b	Zrzut SRK CZOK Śląsk	127	46 355	8	17
8b	zrzut PGG RUDA Halemba	14 802	5 402 730	2 323	1 729
9b	Zrzut PGG RUDA Bielszowice	7 247	2 645 155	-	-
10b	Zrzut SRK CZOK Gliwice	7 557	2 758 305	276	441
11b	Zrzut SRK CZOK Makoszowy	3 029	1 105 585	< 22	< 88
12b	Zrzut PGG Ziemowit	29 141	10 636 465	11 381	22 337
13b	Zrzut PGG Piast	19 908	7 266 420	10 536	15 768

14b	Zrzut PGG Bolesław Śmiały	2 099	766 142	77	107
15b	Zrzut PGG Ziemowit1	3 861	1 409 265	< 28	< 113
16b	Zrzut ZG Sobieski	91 535	33 410 275	5 012	10 023
17b	Zrzut PGWiR Olza	31 718	11 577 070	1 273	2 778
18b	Zrzut PGG ROW Rydułtowy	12 433	4 538 045	817	1 679
19b	Zrzut PGG Murcki Staszic	3 737	1 363 859	327	218
20b	Zrzut SRK CZOK Myslowice-Wesoła	3 170	1 157 050	127	185
21b	Zrzut SRK CZOK Niwka	15 336	5 597 640	280	< 448
22b	Zrzut SRK CZOK Jan Kanty	24 437	8 919 505	2 230	2 497
23b	Zrzut SRK CZOK Boże Dary	17 986	6 564 890	263	< 525
24b	Zrzut ZG Janina	17 389	6 346 985	11 488	16 375
25b	Zrzut ZG Brzeszcze	10 587	3 864 255	1 082	696
26b	Zrzut PG Silesia	5 040	1 839 600	2 079	1 637
27b	Zrzut PGWiR ZO Dębieńsko	6 283	2 293 295	344	< 183
28b	Zrzut SRK CZOK Dębieńsko	12 016	4 385 840	132	< 351
29b	Zrzut JSW Knurów 1	4 929	1 799 049	< 36	< 144
30b	Zrzut JSW Knurów 2	985	359 489	< 7	< 29
31b	Zrzut PGG Sośnica	4 506	1 644 690	< 33	< 132
32b	Zrzut PGG Wesoła	13 246	4 834 900	145	< 387
33b	Zrzut PGG Murcki-Staszic 3	3 373	1 231 145	< 25	< 98
34b	Zrzut SRK CZOK Pstrowski	20 915	7 633 975	229	< 611
35b	Zrzut SRK Centrum	15 996	5 838 540	< 117	< 467
36b	Zrzut WĘGLOKOKS KRAJ S.A.	12 452	4 544 980	136	< 364
37b	Zrzut SRK CZOK Szombierki	7 786	2 841 890	< 57	< 227

4. Podsumowanie

W polskich kopalniach występują dwa typy wód radowych – barowe i bezbarowe. Współstrącanie się radu wraz z barem z wód typu A zachodzi lub prowadzone jest w wyrobiskach podziemnych, co powoduje powstawanie osadów o podwyższonej promieniotwórczości i wzrost narażenia radiacyjnego załóg górniczych. Proces ten zachodzi czasami jako zjawisko spontaniczne, a niekiedy jest rezultatem oczyszczania wód kopalnianych z radu. Procesy te powodują obniżenie całkowitej aktywności radu zrzucanego do rzek, gdyż wytrącanie zachodzi częściowo w wyrobiskach podziemnych. W wodach typu B, bar nie występuje, dlatego wytrącanie radu z takich wód nie zachodzi i bez zastosowania procesów oczyszczania takich wód, cały rad zawarty w tych wodach trafia do osadników powierzchniowych, a stamtąd do wód powierzchniowych (np. do rzek).

Badania stężeń radu w wodach prowadzone są w kopalniach GZW przez Śląskie Centrum Radiometrii Środowiskowej Głównego Instytutu Górnictwa – Państwowego Instytutu Badawczego od połowy lat 70-tych. W większości kopalń węgla w GZW znaleziono wody, w których stężenie izotopów radu przekraczało 1,0 Bq/L. Stężenie to zostało uznane za poziom, powyżej którego wody należy traktować jako wody o podwyższonej promieniotwórczości naturalnej. W wodach dołowych, maksymalne stężenie ^{226}Ra w wynosiło około 390 Bq/L, a stężenie ^{228}Ra około 90 Bq/L. W przypadku wód zrzutowych do osadników i cieków powierzchniowych stężenie izotopów radu (od początku wykonywania pomiarów) osiągała maksymalna wartość 25 Bq/L dla ^{226}Ra oraz 13 Bq/L w przypadku ^{228}Ra .

Szczególnie wysokie stężenia izotopów radu w wodach zrzutowych obserwowano w latach 80-tych ubiegłego stulecia. Oszacowana aktywność radu zrzucanego na powierzchnię, do osadników kopalnianych w roku 1995 wynosiła około 225 MBq/dobę ^{226}Ra oraz 380 MBq ^{228}Ra dziennie. W późniejszych latach, aktywności te ulegały stopniowemu zmniejszeniu ze względu na wprowadzenie technologii oczyszczania wód z radu, także w przypadku wód bezbarowych. Pod koniec lat 90-tych we wszystkich wyrobiskach podziemnych wszystkich kopalń na Śląsku powstawało w postaci osadów około 500 MBq ^{226}Ra oraz około 380 MBq ^{228}Ra dziennie.

Obecnie stężenia izotopów radu w wodach zrzutowych są w większości przypadków niższe. Powodem jest między innymi zamknięcie niektórych kopalń, gdzie występowały wysokie stężenia izotopów radu (np. kopalnia Krupiński) czy odwadnianie już zamkniętych kopalń z płytszych głębokości, co dzięki stratyfikacji wód o różnym zasoleniu znacząco obniżyło promieniotwórczość wód zrzutowych.

Niemniej jednak nadal prowadzi się eksploatację w kilku kopalniach, gdzie występują słone wody o podwyższonej zawartości izotopów radu, a ilości dopływających wód są duże. To przede wszystkim kopalnia Piast-Ziemowit, ZG Janina oraz ZG Silesia. Ich odprowadzanie na powierzchnię i zrzut do cieków powierzchniowych (dotyczy to przede wszystkim dorzecza Wisły) powoduje podwyższone stężenia radu, w niektórych przypadkach przekraczające 1,0 Bq/L. Dotyczy to przede wszystkim Wisły w górnym biegu (Silesia), Potoku Goławieckiego (Ziemowit) i Potoku Gromiec (Janina) a w mniejszym stopniu rzeki Gostyni (Piast i Ziemowit) – w tych przypadkach wody te trafiają do Wisły. W dorzeczu Odry nieco podwyższone stężenia obserwujemy w Kłodnicy (Śląsk i Halemba) czy na wylocie Kolektora Wód Słonnych „Olza”.

Całkowity zrzut ładunku izotopów radu do środowiska obliczono na poziomie 52,1 GBq/rok dla ^{226}Ra oraz 76,6 GBq/rok dla ^{228}Ra (łącznie niemal 140 GBq/rok).

W ramach niniejszego zadania zmierzono stężenie izotopów radu w 68 próbkach osadów. Uzyskane wyniki wahały się w granicach od 5,3 do 1246 Bq/kg dla ^{226}Ra oraz od 6,7 do 886 Bq/kg dla ^{228}Ra . Według raportu UNSCEAR 2000 (SOURCES AND EFFECTS OF IONIZING RADIATION United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation UNSCEAR 2000 Report to the General Assembly, with Scientific Annexes, Volume 1), typowe stężenia radu ^{226}Ra w glebie wahają się w granicach 17-60 Bq/kg (średnie mediany z poszczególnych regionów).

Uzyskane wyniki umożliwiły przeprowadzenie analizy wpływu zrzutu wody kopalnianej na zawartość izotopów radu w osadach dennych. W celu porównania stężenia promieniotwórczego izotopów radu w próbkach pobranych za i przed zrzutem, wykonano analizę istotności różnic według testu ζ (zeta):

$$\zeta = \frac{A_c - A_a}{\sqrt{u_c^2 + u_a^2}}$$

ζ – wartość testu

A_c – stężenie promieniotwórcze za zrzutem

A_a – stężenie promieniotwórcze przed zrzutem

u_c – niepewność stężenia promieniotwórczego za zrzutem (współczynnik rozszerzenia $k=1$)

u_a – niepewność stężenia promieniotwórczego przed zrzutem (współczynnik rozszerzenia $k=1$)

Celem wykonania testu jest oszacowanie czy różnica stężenia aktywności za zrzutem i przed nim jest istotna czy pozorna (nieistotna statystycznie).

Jeżeli:

$\zeta > 3$ - należy przyjąć, że stężenie promieniotwórcze za zrzutem jest istotnie większe od stężenia promieniotwórczego przed zrzutem.

$\zeta < -3$ - należy przyjąć, że stężenie promieniotwórcze za zrzutem jest istotnie mniejsze od stężenia promieniotwórczego przed zrzutem.

$-3 < \zeta < 3$ – nie można odrzucić hipotezy, że stężenie promieniotwórcze jest takie samo przed i za zrzutem

Obliczenia wykonano dla 31 punktów, w których możliwe było pobranie próbek osadu przed i za zrzutem.

Tabela 5 Wyniki testu statystycznego (istotności) dla 31 par wyników

nr punktu	test ζ dla Ra-226	test ζ dla Ra-228
1	18,98141506	24,27016427
2	0,332181919	-1,571348403
3	0,468521286	-0,588171698
4	8,986143179	7,543922669
7	17,64036513	24,07295502
8	7,205103297	2,175713173
9	27,61409592	23,31354911
10	-4,29210945	-2,339438602
11	2,895520661	-3,341152908
13	-2,487658426	5,188391828
14	-13,22286183	-17,70328862
15	-9,899494937	-0,188144174
16	-5,974207296	10,51607852
17	2,889687848	1,084977962
18	33,86256934	19,30472021
19	11,17228714	13,82125699
20	1,619884243	4,880935301
21	6,654795552	14,11085215
22	0,991430862	-0,909064823
24	61,76238443	40,61682378
25	14,47236383	13,64968301

26	21,98558678	25,36840283
27	-2,344778577	-3,533970385
28	-2,608006848	7,076030348
29	-2,824072346	-4,338609156
30	20,19043589	12,28076423
31	13,66103949	13,40179826
34	14,47105306	4,837385184
35	-8,250565023	-2,450698472
36	-7,837101772	-17,28298329
37	-6,802777211	-4,205892377

Na podstawie uzyskanych wyników stwierdzono, że:

- w 18 punktach (58%), stężenie izotopów radu w osadach dennych za zrzutem było istotnie wyższe niż przed zrzutem,
- w 13 punktach (42%), stężenie izotopów radu w osadach dennych za zrzutem nie było wyższe niż przed zrzutem lub różnica była nieistotna statystycznie.

W pozostałych punktach zrzutu (6 punktów) przeprowadzenie powyższej analizy nie było możliwe ze względu na brak występowania osadów.

Zawartość Raportu, jego forma, treści, sposób wyrażenia, stanowi utwór w rozumieniu przepisów ustawy z dnia 4 lutego 1994 r. o prawie autorskim i prawach pokrewnych (Dz. U. z 2022 roku, poz. 2509, t.j.) i podlega ochronie przewidzianej w tej ustawie.

Wykorzystanie danych zawartych w Raporcie w zakresie innym niż realizacja zadań publicznych oraz ich ewentualne dalsze przetwarzanie wymaga uzyskania zgody/odrębnej licencji Ministra Przemysłu/uprawnionego podmiotu.

Główny Instytut Górnictwa – Państwowy Instytut Badawczy nie ponosi odpowiedzialności za:

- *Błędną interpretację i/lub przetwarzanie bazy danych,*
- *Wykorzystanie danych niezgodne z ich przeznaczeniem,*
- *Wykorzystanie danych niezgodne z ich standardem i szczegółowością,*

- *Dokonywanie modyfikacji danych, ich opracowanie czy łączenie z innymi utworami.*

GIIG-PIB